Edgar F. Cyriax

ÉTUDE ANATOMIQUE ET MÉCANIQUE

DE LA

CEINTURE SCAPULAIRE

PAR

M. MIRAMOND DE LAROQUETTE

MÉDECIN MAJOR A NANCY

Extrait de la " Revue d'Orthopédie "

N^os de Juillet, Septembre et Novembre 1909

PARIS

MASSON ET Cie, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 120

LAROQUETTE



ÉTUDE ANATOMIQUE ET MÉCANIQUE

DE LA

CEINTURE SCAPULAIRE

PAR

M. MIRAMOND DE LAROQUETTE

MÉDECIN MAJOR A NANCY

Extrait de la " Revue d'Orthopédie "

Nos de Juillet, Septembre et Novembre 1909

PARIS

MASSON ET Cie, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 120

—


LIBRARY

ÉTUDE ANATOMIQUE ET MÉCANIQUE

DE LA

CEINTURE SCAPULAIRE (1)

AVANT-PROPOS

Ce travail a surtout pour but de mettre en lumière le mécanisme des mouvements de la ceinture scapulaire, et la part qui leur revient dans les mouvements du membre supérieur — question qui est encore aujourd'hui très peu et très mal connue. — Mais, pour être fructueuse, cette étude de physiologie mécanique exige une exacte connaissance des éléments anatomiques de la ceinture : squelette, articulations, muscles, qui interviennent dans ces mouvements.

Or les recherches bibliographiques et les dissections montrent que l'étude anatomique de cette région est relativement incomplète. Les deux os, les divers muscles et les principales articulations de la ceinture ont sans doute été décrits par tous les auteurs classiques, mais aucune description d'ensemble, aucune étude topographique n'en a encore été faite.

La jonction scapulo-thoracique, intéressante cependant à tous égards, et notamment au point de vue mécanique, a été partout passée sous silence.

Enfin les articulations de la clavicule avec l'omoplate et avec le thorax, si importantes pour les mouvements du membre supérieur, ont besoin d'être reprises et spécialemeut étudiées au point de vue mécanique.

La première partie de ce mémoire est donc consacrée à l'étude anatomique de la ceinture, étude d'ensemble dans laquelle sont surtout retenues les particularités intéressant la mécanique de l'épaule.

(1) Mémoire présenté devant la Faculté de médecine de Nancy pour l'attestation d'études supérieures biologiques d'Université.

L'analyse des mouvements de la ceinture avec leur explication physiologique et anatomique est ensuite abordée, et comprend deux chapitres : l'un consacré à l'étude des actions des muscles scapulaires et des forces qu'ils représentent, et l'autre réservé à l'étude du mécanisme même de chacun des principaux mouvements de la ceinture.

Cette étude réellement complexe est basée à la fois sur des expériences d'amphithéâtre (1), sur l'examen méthodique de nombreux sujets vivants normaux, sur l'observation de paralysies des muscles de la région et sur les enseignements de l'électro-physiologie.

Les données expérimentales ainsi recueillies ont été en outre complétées par des déductions théoriques conduites suivant les principes élémentaires de la mécanique et soumises d'autre part au contrôle de la radiographie.

A la fin de ce travail sont présentées quelques-unes des observations qui ont été recueillies sur le vivant et des clichés radiographiques pris dans diverses attitudes.

A. — **Étude anatomique.**

I. — Squelette de la ceinture.

La ceinture scapulaire ou ceinture thoracique est cette partie du squelette qui embrasse la région supérieure du thorax et à laquelle sont attachés les deux membres supérieurs.

Elle est formée de deux demi-ceintures latérales, l'une droite, l'autre gauche, qui se réunissent et se fixent en avant, sur la ligne médiane, au sommet de la cage thoracique, mais qui restent en arrière librement suspendues et largement séparées l'une de l'autre, conservant ainsi pour chacune d'elles l'indépendance et la possibilité de mouvements variés et de grande amplitude.

Chaque demi-ceinture se compose chez l'homme de deux os : l'omoplate et la clavicule, qui sont unis de manière à former un angle ouvert en dedans, et dans lequel trouve

(1) Ces recherches anatomiques ont été faites en 1906 et 1907 à la Faculté de Nancy; je remercie sincèrement M. le Professeur Nicolas de me les avoir facilitées en m'accueillant cordialement dans son laboratoire.

place le sommet du thorax. C'est au sommet de cet angle, à l'union de l'omoplate et de la clavicule, que vient s'attacher le squelette du bras.

La description des deux os de la ceinture se trouve dans tous les traités d'anatomie.

Je ne retiendrai donc ici que les points saillants de leur morphologie, et principalement ceux qui peuvent servir à l'étude de la mécanique de l'épaule.

Omoplate. — L'omoplate ou scapulum est une lame osseuse très mince, et presque uniquement formée de tissu compact; considérablement épaissie sur ses bords, elle est d'autre part renforcée par une deuxième lame osseuse, l'épine, disposée perpendiculairement à son plan principal. Le scapulum apparaît ainsi, vu de profil, comme une pièce en forme de T (voir fig. 3) dont la résistance peut s'exercer suivant les deux principales données de l'espace : la verticale et l'horizontale; grâce à ce dispositif, l'omoplate offre une plus large surface pour les insertions des muscles et d'autre part présente deux qualités parfaitement en rapport avec son mode d'attache et ses fonctions : la légèreté et la solidité.

La *face antérieure* de la lame principale est concave à la fois dans le sens horizontal et le sens vertical; ses courbures sont sensiblement parallèles, et par conséquent adaptées à la double convexité de la région thoracique contre laquelle elle se trouve appliquée; tapissée par le muscle sous-scapulaire qui est lui-même doublé par le grand dentelé, elle sert de surface de glissement à la jonction scapulo-thoracique.

La *face postérieure* de l'omoplate est dans son ensemble convexe, suivant à peu près les mêmes courbures que la concavité antérieure ; mais la lame osseuse de l'épine transforme cette face convexe en deux excavations, les fosses sus- et sous-épineuses où se logent et se fixent les muscles de mêmes noms. L'épine dont la forme est triangulaire a son sommet au bord spinal et sa base en dehors près de la glénoïde; son bord postérieur s'écarte en arrière sous un angle de 20° environ, puis se recourbe en avant, et en haut pour constituer l'acromion; cette dernière apophyse large, puissante, aplatie, s'unissant à l'extrémité externe de la clavicule

domine et protège l'articulation de l'épaule. On sait que le bord postérieur de l'épine fortement épaissi reçoit ainsi que l'acromion les vigoureuses insertions du trapèze et du deltoïde.

Par sa présence à la face postérieure de l'omoplate, l'épine renforce considérablement l'architecture de l'os tout entier et particulièrement la région qui doit supporter les efforts et fournir les résistances les plus énergiques.

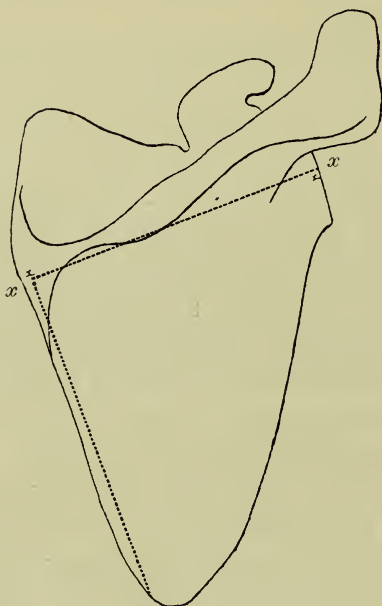


Fig. 1. — x,x, axe principal de l'omoplate.

D'autre part, étant sensiblement horizontal et transversal, le plan de l'épine se trouve perpendiculaire non seulement au plan principal de l'os mais encore au plan principal de la cavité glénoïde.

Enfin la ligne suivant laquelle le bord antérieur de l'épine se fusionne avec la lame de l'omoplate forme avec le bord spinal de l'os un angle sensiblement droit (fig. 1) et si l'on prolonge cette ligne idéalement en dehors, on constate qu'elle vient tomber exactement au milieu de la cavité glénoïde. Il en résulte que pour l'étude de ses mouvements, l'omoplate peut être représentée sous forme d'une tige rigide coudée à angle droit dont les branches correspondent au bord spinal et à la ligne d'insertion de l'épine. Cette ligne qui aboutit au centre de la glénoïde est aussi l'axe le plus important des mouvements de rotation scapulaire. Et c'est pourquoi elle a été appelée par Bichat axe principal de l'omoplate.

Le *bord supérieur ou cervical* de l'omoplate, mince et tranchant, est au repos situé au niveau du premier espace intercostal en contact étroit avec lui. Il donne insertion à l'aponévrose cervicale moyenne et au seul petit muscle omohyoïdien;

au point de vue mécanique, son rôle est considérablement réduit par l'épine sur laquelle se fixent les muscles suspenseurs de la ceinture. Mais le bord cervical se continue avec l'apophyse coracoïde qui est solidement organisée et dont le rôle est très important. Cette apophyse qui a la forme d'un doigt à demi fléchi contribue à former la voûte de l'épaule ; elle donne insertion aux muscles petit pectoral, court biceps et coraco-brachial ; enfin elle constitue un organe de premier ordre dans l'assemblage et la mécanique des deux pièces de la ceinture.

Le *bord interne ou spinal* de l'omoplate est, au repos, à peu près vertical, avec une légère obliquité en bas et en dehors. Il est relativement mince et présente une faible courbure à concavité antérieure parallèle au thorax. Dans l'attitude normale il est séparé des apophyses épineuses par une distance moyenne de 7 à 8 centimètres, et il s'écarte en arrière de la paroi thoracique sous un intervalle moyen de 1 à 3 centimètres.

Sur ce bord spinal s'insèrent le grand dentelé, les rhomboïdes et l'angulaire.

Le *bord externe ou axillaire* est rectiligne, oblique en bas et en dedans ; large et solide, surtout à sa partie supérieure, il a sur sa coupe la forme d'un T (fig. 2); très fortement constitué, il donne insertion aux muscles (long triceps, sous-scapulaire, grand et petit ronds) et fournit un solide appui vertical à la cavité glénoïde. Bichat lui a donné le nom de colonne ou pilier de l'omoplate, mais il serait plus exact de l'appeler *pilier inférieur de la glénoïde* (fig. 3).

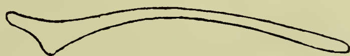


Fig. 2. — Coupe horizontale et frontale de l'omoplate sous la glénoïde.

L'*angle inférieur* de l'omoplate est normalement situé au niveau de la huitième côte, à une distance de 8 à 9 centimètres des apophyses épineuses, et séparé de la paroi thoracique par un intervalle qui varie suivant les attitudes et les individus de 1 à 4 centimètres. Il donne insertion à la masse importante des faisceaux inférieurs du grand dentelé et souvent aussi à un faisceau du grand dorsal. Dans les mouvements de l'épaule, cet angle inférieur est le point de

l'omoplate dont les déplacements sont le plus étendus.

L'*angle supéro-interne* donne insertion aux premières fibres de l'angulaire et aux faisceaux supérieurs du grand dentelé. Il est situé à 6 ou 7 centimètres des apophyses épineuses au niveau de la deuxième côte avec laquelle il est souvent en contact, et dont il reste toujours très rapproché. Les déplacements de cet angle interne sont relativement restreints.

L'*angle supéro-externe* ou glénoïdien répond à l'articulation de l'épaule. Il est formé par une pièce osseuse massive, très épaisse relativement au reste de l'os, et qui semble comme une molaire présenter une couronne (la cavité glénoïde), un collet (le col) et trois racines divergentes qui sont en haut la base de la coracoïde, en dedans le bord antérieur de l'épine et en bas le bord axillaire de l'omoplate (fig.3). Ces trois racines prolongées idéalement jusqu'à la surface de la glénoïde viennent s'y rejoindre en formant trois angles inégaux : un angle antérieur très ouvert (150°), un angle supérieur de 90° environ, et un angle inférieur de 120°. Sur ce trépied ainsi solidement appuyée, repose la cupule glénoïdienne. Il est remarquable que tous les éléments de l'omoplate viennent converger vers cette glénoïde, soit pour contribuer à sa formation et lui donner une base solide (racine de l'apophyse coracoïde, base de l'épine, bord axillaire), soit pour la protéger (acromion, bec de la coracoïde).

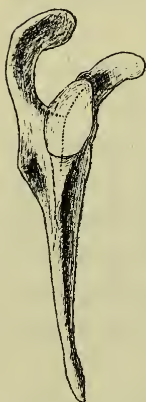


Fig. 3. — La glénoïde et ses trois paliers.

Cet angle glénoïdien est en effet la région la plus importante de l'omoplate, le centre des mouvements de l'épaule, le point sur lequel s'exercent surtout les actions du membre supérieur.

Chez l'homme, l'omoplate ayant une disposition à peu près frontale, la cavité glénoïde regarde en dehors, en avant et un peu en haut, direction qui est la plus favorable pour la liberté en tous sens des mouvements du bras, et qui est par suite caractéristique de la station verticale. Au contraire, chez les animaux à station horizontale, en raison de l'appui que la partie antérieure du corps prend sur les membres thoraciques

l'omoplate est disposée suivant le sens sagittal, et la cavité glénoïde regarde en bas et en dehors, s'appuyant sur la tête de l'humérus.

Chez l'homme, la marche ou la station horizontale, avec l'aide des membres supérieurs, amènerait rapidement la luxation de la tête humérale en haut, ou plus exactement en arrière.

La **clavicule** est une pièce osseuse très spéciale et qui ne ressemble à aucune autre du squelette. Elle se distingue à la fois par l'originalité de sa forme et de sa constitution, par la marche particulière de son développement, par ses attaches et ses fonctions très intéressantes. Elle est un appareil de perfectionnement qui ne se rencontre qu'assez haut dans la série animale et qui n'a pas d'homotype dans la ceinture pelvienne.

C'est un os de forme longue mais qui réunit à la fois les caractères des os longs et des os plats; on lui décrit généralement un corps et deux extrémités.

Le *corps* comprend un segment interne cylindrique qui est dur, solide, à surface unie et pareil en tout extérieurement au corps des os longs ; un segment externe qui est aplati, à surface plus irrégulière, spongieuse, et dont l'aspect rappelle beaucoup celui des os plats.

La clavicule dont la direction générale est horizontale et frontale subit dans son ensemble une double courbure : une première dans son segment interne à concavité postérieure se rapprochant de la courbure des côtes et de la forme du cou. Une deuxième dans son segment externe, moins accusée, à concavité antérieure, correspondant au pli de l'épaule, et dans laquelle l'apophyse coracoïde vient se placer comme un rayon.

On reconnaît à la clavicule une face supérieure étroite et convexe en dedans, plate en dehors et qui est sous-cutanée dans une grande partie de son étendue, une face inférieure également resserrée en dedans et élargie en dehors; à la partie externe de cette face se remarquent les rugosités d'insertion des ligaments coraco-claviculaires avec le plus souvent, près du bord antérieur, une petite surface de contact pour la coracoïde. Au milieu existe une gouttière où s'attache et glisse le muscle sous-clavier qui la sépare des

gros vaisseaux; à sa partie interne enfin, une surface rugueuse pour l'insertion du ligament costo-claviculaire et très souvent aussi une petite surface articulaire pour la première côte.

Les bords antérieurs et postérieurs décrivent la double courbure de l'os; ils donnent insertion en dedans au cléido-mastoïdien et au grand pectoral, en dehors au trapèze et au deltoïde.

L'extrémité externe de la clavicule a la forme d'une spatule; les faces et les bords du corps de l'os s'y rejoignent et s'y confondent insensiblement suivant des contours arrondis; à noter seulement la petite facette ovalaire qui s'articule avec l'acromion. L'extrémité interne est plus nettement dessinée et solidement constituée. Elle a l'aspect d'une pyramide triangulaire dont le sommet se continue avec le corps de l'os et dont la base forme une large surface articulée avec le sternum. La face supérieure de cette pyramide est la continuation régulière et presque plane de la face supérieure du corps de l'os; ses faces antérieures et postérieures apparaissent comme l'épanouissement des bords antérieurs et postérieurs; l'une et l'autre se prolongent fortement en bas, en arrière et en dedans, se rejoignent à angle assez aigu, formant avec la base de la pyramide un véritable bec qui, dans certains mouvements de l'épaule, vient buter et s'appuyer contre la face postérieure de la fourchette sternale. La base de la pyramide et sa face postérieure se réunissent sous un angle à peu près droit à peine émoussé; la face antérieure au contraire se continue sur la base par une surface arrondie qui constitue un véritable condyle pour l'encoche sterno-costale.

Dans les mouvements nous verrons que la clavicule est moins un élément de soutien qu'un moyen de direction.

II. — Union de l'omoplate et de la clavicule.

Les deux pièces de la ceinture thoracique, omoplate et clavicule, sont unies l'une à l'autre de telle manière qu'elles sont solidaires et se prêtent un mutuel appui pour subir les actions communes, et que cependant chacune d'elles conserve une certaine indépendance pour ses mouvements individuels.

Cette union de l'omoplate et de la clavicule se fait : 1° au

moyen de l'articulation acromio-claviculaire ; 2° par une sorte d'articulation à distance que constituent les ligaments coraco-claviculaires; 3° enfin et très secondairement par des ligaments, des muscles et des aponévroses qui s'insèrent à la fois sur les deux os.

L'articulation acromio-claviculaire est une arthrodie; l'extrémité acromiale présente une facette ovalaire plane, orientée sur un plan sagittal légèrement oblique en haut et en dedans. La clavicule fournit de son côté une facette de même forme et de même direction sagittale, mais qui regarde un peu en bas et en dehors. Ainsi la facette claviculaire s'appuie au repos et dans la descente de l'épaule sur la facette acromiale, tandis que dans l'élévation de l'épaule c'est l'acromion qui soulève la clavicule.

Les deux surfaces sont revêtues d'une couche de fibro-cartilage et aussi généralement séparées par une mince lame fibro-cartilagineuse qui descend plus ou moins bas dans l'interligne. Elles sont maintenues rapprochées par une capsule fibreuse assez lâche, mais qui est en haut et en arrière renforcée par un ligament relativement solide appelé acromio-claviculaire supérieur; c'est en effet la partie supérieure et postérieure de la capsule qui supporte les plus grands efforts, l'extrémité de la clavicule ayant dans les mouvements de l'épaule une naturelle tendance à se luxer au-dessus et en arrière de l'acromion.

Les mouvements facilités par une petite synoviale sont très limités comme étendue mais se produisent dans tous les sens ; ce sont des glissements de quelques millimètres en avant ou en arrière, en haut ou en bas, et aussi de légers mouvements de rotation des deux os l'un sur l'autre; enfin les deux surfaces ne sont pas toujours et sur tous leurs points en contact ; elles présentent suivant les attitudes et suivant les points envisagés un écartement qui varie de 0 à 5 millimètres. Au sujet de l'articulation acromio-claviculaire, il y a lieu de rappeler qu'on a parfois observé un acromion formant un os isolé articulé en avant avec la clavicule, et en arrière avec le reste de l'épine (observations de Cruveilhier, Laurence, Morestin, Ruge, Gruber, Ludwig, Poirier).

L'acromion se présente alors sous la forme d'un petit os triangulaire uni à l'épine par une capsule avec un fibro-cartilage. Cette petite articulation anormale est le siège de mouvements analogues à ceux de l'articulation acromio-claviculaire, et constitue un perfectionnement assez rare de l'organisation de la ceinture.

Union coraco-claviculaire. A 3 centimètres environ de son extrémité externe, la clavicule est en rapport étroit avec l'apophyse coracoïde à laquelle elle est unie par un appareil ligamenteux qui constitue parfois une véritable articulation, et qui dans tous les cas représente une formation articulaire spéciale, sorte d'articulation à distance.

Cette union de la clavicule et de la coracoïde joue dans la statique et la mécanique de la ceinture un rôle très important.

Au repos, l'apophyse coracoïde est séparée de la clavicule par un intervalle de 15 millimètres environ, mais dans les mouvements de l'épaule, cet intervalle se réduit considérablement ; et même, dans le dernier temps de l'élévation du bras, la coracoïde entre en contact avec la clavicule et prend sur elle point d'appui.

Les surfaces qui sont ainsi en rapport constant et en contact intermittent sont (fig. 4) d'une part la face inférieure de la clavicule, à 3 centimètres environ de l'articulation acromio-claviculaire, sur une étendue qui varie de 0 à 15 centimètres, et d'autre part, la face supérieure de la partie moyenne et postérieure de l'apophyse coracoïde. Ces deux surfaces, la première légèrement excavée, la seconde arrondie, se correspondent fort bien ; elles ont un aspect lisse et uni, et sont parfois encroûtées de cartilage, ressemblant ainsi tout à fait à des surfaces articulaires ; mais le plus souvent, ces surfaces ont un aspect moins régulier, étant en partie recouvertes par les insertions des ligaments qui sont eux-mêmes infiltrés parfois de cartilage.

Les ligaments coraco-claviculaires sont au nombre de deux, l'un antérieur et l'autre postérieur. Ils sont connus depuis Winslow sous le nom de trapézoïde et de conoïde. On décrit d'ordinaire ces ligaments comme disposés suivant deux plans

perpendiculaires l'un à l'autre, le trapézoïde, antérieur, étant orienté sur un plan sagittal, et le conoïde disposé en arrière suivant un plan frontal, mais on constate en les disséquant de près que leur disposition est beaucoup moins schématique.

Le *ligament trapézoïde* a la forme d'un épais ruban fibreux de 15 à 18 millimètres de haut et de un centimètre de large environ; ruban qui semble avoir subi une torsion sur son axe vertical, de telle manière que son insertion inférieure se fait suivant le sens sagittal, tandis que son insertion supérieure a

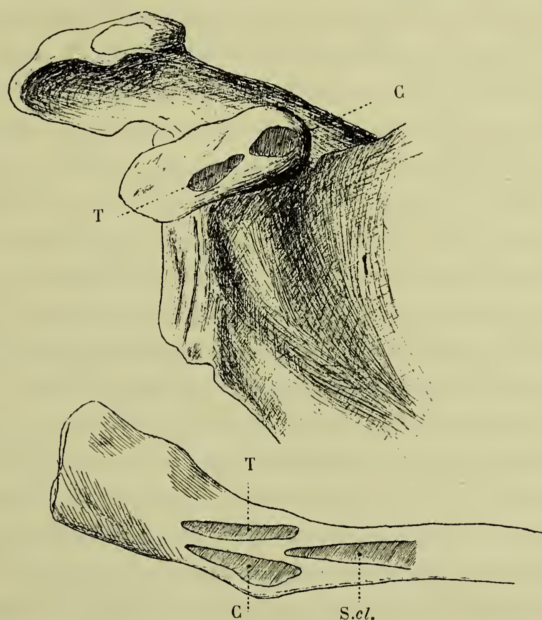


Fig. 4. — Insertions des ligaments coraco-claviculaires.
T, trapézoïde; C, conoïde ; S.*cl*, sous clavier.

une direction oblique et presque transversale (fig. 4). Il se fixe en bas sur le bord interne de la coracoïde à sa partie moyenne, sur une étendue de 12 à 15 millimètres. Il s'attache en haut à la face inférieure de la clavicule sur une bande rugueuse située en avant et en dehors de la terminaison du sous-clavier. Ce ruban fibreux présente un bord antero-interne de direction verticale, mais un peu oblique en haut et en dehors ; un bord postéro-externe dont l'inclinaison et l'obliquité en dehors sont beaucoup plus accusées et se rapprochent de l'horizontale ; une face antérieure, inférieure et externe en contact

avec une masse graisseuse qui le sépare du muscle sous-épineux ; une face postérieure, supérieure et interne qui est en rapport avec le ligament conoïde et le muscle sous-clavier.

Le *ligament conoïde* a la forme d'une pyramide triangulaire dont le sommet est en bas fixé à la coracoïde et dont la base est à la clavicule. Son insertion inférieure se fait à la partie interne de la base de la coracoïde, en arrière du trapézoïde et jusqu'au bord de l'échancrure par des faisceaux rassemblés et serrés comme ceux d'un tendon. Il se fixe en haut à la face inférieure de la clavicule, en arrière et en dedans du ligament trapézoïde sur une surface triangulaire dont la base est au bord postérieur de l'os, embrassant le tubercule conoïde. Les deux autres côtés du triangle sont l'un antéro-interne en rapport avec le sous clavier, et l'autre antéro-externe en contact avec le ligament trapézoïde. Les deux ligaments coraco-claviculaires ainsi disposés ne paraissent pas perpendiculaires l'un à l'autre comme on l'a généralement écrit; ils sont au contraire parallèles et même en contact sur une assez grande étendue de leur surface; souvent aussi ils sont fusionnés à leurs insertions supérieure et inférieure. Ils sont entourés de toutes parts de tissu cellulo-graisseux, et séparés l'un de l'autre par une bourse séreuse qui est parfois d'assez grande dimension; on trouve aussi très souvent dans l'épaisseur même de chaque ligament de petites excavations séreuses plus ou moins cloisonnées. Cet appareil graisseux et séreux sert évidemment à faciliter les mouvements, les glissements et les plissements dont ces ligaments sont le siège. Ils sont en effet dans les mouvements de l'épaule, constamment mobilisés l'un sur l'autre. Ils se tendent et se relâchent chacun dans des temps différents ; ils se trouvent aussi plus ou moins comprimés entre deux plans osseux lorsque la coracoïde entre en contact avec la clavicule.

La puissance de ces ligaments, leur disposition et leur organisation relativement compliquées sont en rapport avec leur rôle particulièrement important. Leur première fonction, commune à tous les deux, est de fixer l'une à l'autre les deux pièces de la ceinture, de compléter leur union que l'articulation acromio-claviculaire seule laisserait trop précaire, et

surtout trop mobile. Sous ce rapport même l'action des ligaments coraco-claviculaires est de beaucoup plus efficace que celle de la capsule acromio-claviculaire. Mais cette union coraco-claviculaire est, grâce à la longueur des ligaments, assez souple pour permettre des déplacements notables en avant ou en arrière (1 cm. environ), en haut ou en bas (15 mm.), et un mouvement de rotation de la coracoïde sur la clavicule. Ces mouvements qui se passent à la fois sur la coracoïde et sur l'acromion sont uniquement réglés par les ligaments coraco-claviculaires, qui chacun dans un sens différent limitent l'ouverture et la fermeture de l'angle omo-claviculaire.

Les deux ligaments ont aussi un rôle important dans le mouvement de rotation de l'omoplate sur la clavicule : le conoïde se tend pendant l'élévation du moignon de l'épaule et entraîne la clavicule dans le mouvement de l'omoplate ; et le trapézoïde intervient au contraire pour abaisser la clavicule dans la descente de l'épaule. Ainsi les mouvements de l'omoplate sur la clavicule, qui semblent à première vue se passer surtout dans l'articulation acromio-claviculaire, sont en réalité réglés par les ligaments coraco-claviculaires et ont leur centre à l'insertion même de ces ligaments sur la coracoïde.

Les deux pièces de la ceinture sont en outre secondairement unies l'une à l'autre par les muscles et les aponévroses qui s'attachent à la fois à la clavicule et à l'omoplate. Ce sont le trapèze, le deltoïde et les aponévroses cervicales et pectorales. Les aponévroses pectorales sont particulièrement importantes dans cet ordre d'idées, et surtout l'aponévrose moyenne dite clavi-coraco-axillaire qui s'attache solidement à la clavicule, à la coracoïde et même à l'acromion ; particulièrement résistante dans toute son étendue, elle présente en outre des faisceaux de renforcement de direction transversale qui réunissent ces diverses pièces osseuses, et qui méritent d'être décrits comme des ligaments secondaires.

L'acromion est relié au bord externe de la coracoïde par une lame fibreuse très solide et de forme triangulaire (fig. 5). C'est le ligament acromio-coracoïdien, mince en son milieu, mais très fortement épaissi sur ses bords. On peut jusqu'à un certain point rattacher ce ligament au système de l'aponévrose clavi-

pectorale qui en tout cas tapisse sa face supérieure et l'unit au bord antérieur de la clavicule. Il ferme en avant et en dedans la voûte de l'articulation de l'épaule, mais ne participe en aucune façon à la jonction de l'omoplate et de la clavicule.

En dedans de la coracoïde, entre son bord interne et le milieu du bord antérieur de la clavicule, existe le plus souvent un ruban fibreux (fig. 5), décrit en partie par Caldini sous le nom de ligament bicorne, par Henle, Bourgery et Poirier sous le nom de ligament coraco-claviculalre interne. Ce ligament plus ou moins net, plus ou moins épais, paraît n'être qu'un

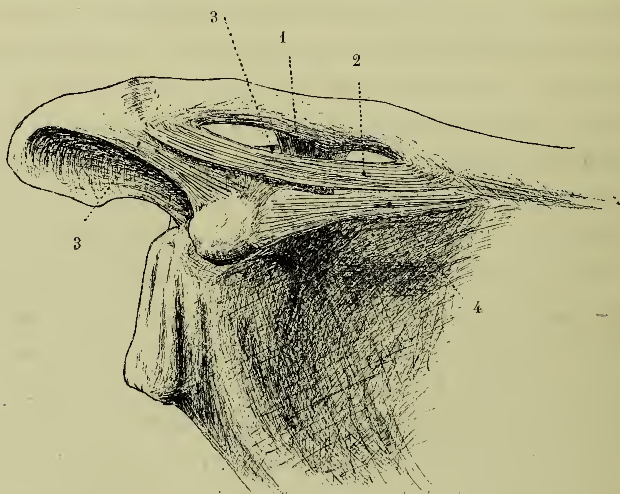


Fig. 5.

1, trapézoïde ; 2, ligament acromio-claviculaire ; 3, ligament acromio-coracoïdien ; 4, ligament coraco-claviculaire.

faisceau de renforcement de l'aponévrose clavi-pectorale. Testut le considère comme un vestige de l'insertion primitive du sous-clavier à la coracoïde ; quoi qu'il en soit, il peut contribuer dans une certaine mesure à fixer les deux os et à maintenir l'ouverture de l'angle omo-claviculaire.

Enfin, du milieu du bord antérieur de la clavicule, un peu en dehors du ligament précédent, se détache fréquemment une autre bandelette fibreuse qui va horizontalement se fixer sur l'acromion et sur la capsule acromio-claviculaire. Ce ligament, qu'on pourra appeler acromio-claviculaire antérieur, passe en s'incurvant légèrement au-dessus de la coracoïde dont il reste

séparé par un intervalle d'un centimètre de hauteur occupé par un paquet cellulo-graisseux. Il envoie cependant à la coracoïde quelques tractus fibreux qui emprisonnent le paquet adipeux. Gruber, Baraduc et Crouzen ont observé et décrit à la place de ce ligament, avec les mêmes insertions et la même disposition, un petit muscle anormal qu'ils ont appelé acromio-claviculaire ; musculaire ou fibreux, ce petit ligament doit avoir sa petite fonction. Il se tend lorsque l'épaule est portée en arrière et son action vient renforcer la partie antérieure de la capsule au moment même où celle-ci subit son maximum d'effort ; on peut en effet constater que dans le mouvement de l'épaule en arrière, l'extrémité de la clavicule glisse d'arrière en avant sur la facette acromiale, et vient distendre la partie antérieure de la capsule.

III. — Étude d'ensemble de la ceinture.

La ceinture thoracique constitue dans son ensemble une

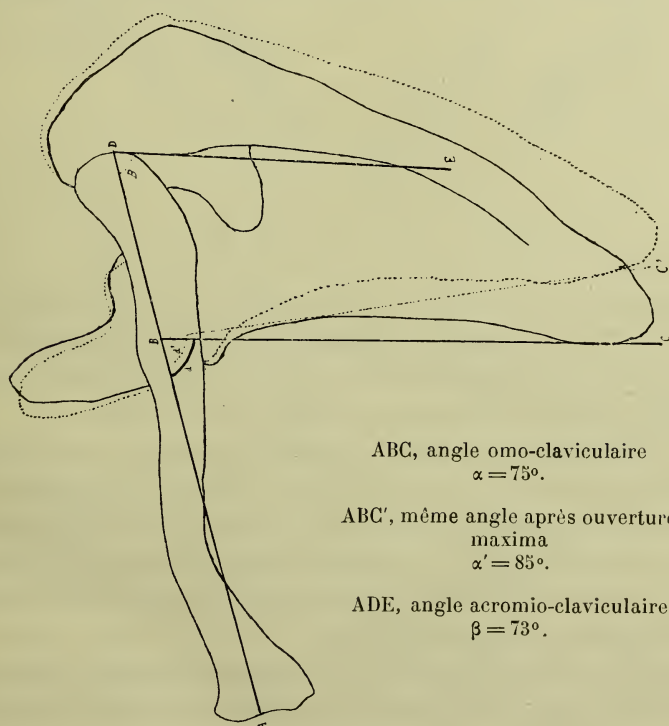


Fig. 6.

sorte de levier angulaire coudé à la fois dans le sens horizontal

et le sens vertical. Elle présente un angle supérieur horizontal et un angle inférieur vertical, ouverts tous deux en dedans. L'étude de ces angles de la ceinture, comparable en quelque sorte à celle des détroits et des divers diamètres du bassin, n'a pas été faite jusqu'ici. La mensuration de ces deux angles dans les diverses attitudes de l'épaule intéressante de toutes manières est d'ailleurs indispensable pour préciser le mécanisme des mouvements de la ceinture.

L'*angle supérieur*, *appelé omo-claviculaire* (fig. 6 et 7), embrasse le sommet du thorax suivant un plan à peu près horizontal. Il est le plus important des deux au point de vue de la constitution du squelette comme au point de vue mécanique. Sa branche antérieure est formée par la clavicule. Sa branche postérieure est formée par le bord cervical de la lame de l'omoplate. Le sommet de l'angle est à l'union de la coracoïde et de la clavicule. Son ouverture qui est en moyenne 75 à 80° se modifie dans les divers mouvements. Ses variations d'ailleurs assez faibles ne dépassent pas chez un même individu 10 à 15° d'amplitude.

L'angle omo-claviculaire est disposé sur un plan antéro-postérieur qui est normalement assez voisin de l'horizontale, mais qui dans l'élévation de l'épaule prend une obliquité assez accusée. Sa branche antérieure claviculaire s'étend en avant jusqu'au sternum auquel elle est solidement articulée; elle est aussi reliée à la branche correspondante du côté opposé par des faisceaux ligamenteux (ligament interclaviculaire) qui rendent les deux demi-ceintures latérales relativement dépendantes l'une de l'autre pour certains mouvements.

La branche postérieure scapulaire n'occupe au contraire qu'une partie de la face dorsale du thorax avec lequel elle ne présente aucune attache fixe. Elle est aussi indépendante de celle du côté opposé et son extrémité interne reste éloignée de la ligne médiane par un intervalle qui varie suivant les attitudes de 3 à 12 centimètres.

L'angle omo-claviculaire est surtout en rapport avec la première côte; celle-ci est à sa partie antérieure située sur un plan inférieur à la clavicule qui prend sur elle un point d'appui; mais à son articulation vertébrale elle se trouve très

au-dessus du bord cervical de l'omoplate. Les côtes ont en effet une direction oblique en haut et en arrière (leur inclinaison est de 30° environ sur le plan horizontal passant par leur extrémité antérieure). Il en résulte que la direction de la clavicule et celle de la première côte sont divergentes à la fois en hauteur et dans le sens antéro-postérieur, et que les deux os sont normalement séparés par un espace angulaire de 30 à 40° occupé par les vaisseaux, les nerfs et les muscles du cou ; mais dans les divers mouvements et surtout quand l'épaule est fortement élevée et portée en arrière, la clavicule se rapproche de la première côte au point de comprimer les organes qui séparent

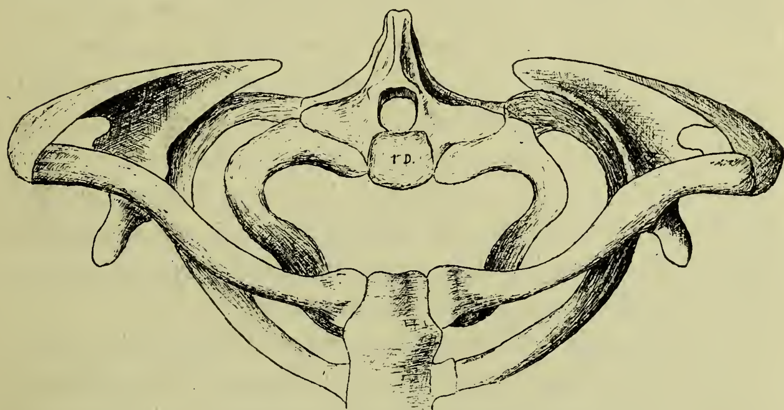


Fig. 7. — Union de la ceinture au sommet du thorax.

les deux os. La compression de la sous-clavière se manifeste immédiatement par la suppression du pouls.

La compression des troncs nerveux produit aussi, lorsqu'elle est prolongée, des paralysies du plexus brachial, assez fréquemment observées d'ailleurs ; c'est là l'explication la plus vraisemblable des paralysies du plexus brachial observées à la suite de l'élévation du bras pendant le sommeil (les mains étant placées sous la tête), ou pendant l'anesthésie chloroformique (cas de Bernhardt, de Gaupp, etc.).

Bichat puis Cruveilhier avaient déjà signalé la compression possible de la sous-clavière entre la clavicule et la première côte, mais ils croyaient que cette compression ne pouvait se faire que dans l'abaissement de l'épaule, par sa descente exagérée. C'est là une erreur : l'abaissement forcé du bras avec

déplacement de l'épaule en arrière produit bien la compression de la sous-clavière, mais l'abaissement seul de l'épaule ne la produit pas. D'autre part, la sous-clavière est également comprimée, lorsque le bras est énergiquement porté en haut et en arrière. La condition nécessaire et suffisante dans tous les cas *est le déplacement de l'épaule en arrière* ; ce déplacement doit être d'autant plus accusé que l'épaule est dans une position plus haute.

En arrière, le bord supérieur de l'omoplate, branche postérieure de l'angle omoclaviculaire, se trouve normalement, au repos, situé sous la première côte, au niveau du premier espace, et même de la deuxième côte ; mais dans les mouvements de l'épaule le scapulum présente des déplacements considérables en hauteur qui font varier dans de grandes proportions ses rapports avec le thorax et portent son bord cervical bien au-dessus de la première côte.

En dehors, entre le sommet de l'angle et la courbure du thorax, existe un intervalle triangulaire qui correspond au sommet de l'aisselle, et fait communiquer la région du cou avec les régions axillaire et sous-scapulaire.

L'angle omoclaviculaire est occupé par le sommet du thorax et fermé par l'aponévrose cervicale moyenne. Il est doublé, en arrière et en dehors, par l'angle *acromio-claviculaire* qui est surtout destiné aux insertions et aux actions des muscles trapèze et deltoïde. Cet angle formé par la clavicule et le bord antérieur de l'acromion et de l'épine mesure comme l'omoclaviculaire 70° environ, et varie en même temps que lui dans les mouvements de l'épaule.

La mensuration et l'étude des variations de cet angle dans les mouvements de l'épaule sont relativement aisées en raison de la saillie de l'épine facile à voir et à saisir, tandis que le bord supérieur de l'omoplate se trouve dissimulé sous l'épaisseur du trapèze.

L'*angle clavi-axillaire* embrasse le sommet du thorax suivant un plan frontal. Sa branche supérieure formée par la clavicule est, au repos, sensiblement horizontale.

Sa branche externe formée par le bord axillaire de l'omoplate, y compris la glénoïde et la base de la coracoïde, est à peu

près verticale avec une concavité interne assez accusée correspondant à la convexité du thorax.

Le sommet de l'angle est au-dessus et en dedans de l'articulation de l'épaule, à l'union coraco-claviculaire.

Son ouverture qui au repos est en moyenne de 90° varie depuis 75° jusqu'à 100° dans les divers mouvements.

L'intervalle qui sépare les deux branches de cet angle est occupé par la partie antéro-latérale du thorax depuis la première côte jusqu'à la huitième, par la paroi thoracique, le grand pectoral, le grand dorsal, les muscles grand et petit ronds, l'aponévrose clavi-axillaire, et par le bras tout entier qui, dans la position normale, tombe comme un pendule formant avec le bord axillaire un angle de 20° à 25°.

L'étude des modifications de cet angle dans les mouvements de l'épaule est rendue difficile par les obstacles que ces différents organes opposent aux mensurations précises; mais les écarts de l'angle inférieur de l'omoplate facilement constatés permettent d'apprécier approximativement les déplacements du bord axillaire et les modifications d'angle utiles à connaître pour l'étude mécanique de la ceinture.

Caractères généraux de la ceinture. — Les qualités les plus évidentes du squelette de la ceinture thoracique sont la légèreté et la mobilité parfaitement en rapport avec les fonctions du membre supérieur.

La clavicule et surtout l'omoplate ont une constitution, une architecture qui réunissent de la manière la plus favorable la solidité et la légèreté. C'est ainsi que malgré la grande surface de l'os, et ses nombreuses et puissantes saillies, le poids de l'omoplate est relativement très réduit, inférieur de plus d'un tiers à celui de l'os coxal. Pour un même squelette j'ai relevé les poids suivants : omoplate 75 grammes, clavicule 15 grammes, humérus 110 grammes, os coxal 125 grammes, fémur 250 grammes.

Cette légèreté du squelette particulièrement remarquable pour l'omoplate semble bien en rapport avec la situation de la ceinture suspendue au sommet du thorax; et aussi avec l'élasticité de ses modes d'attache et de soutien, presque exclusivement formés d'éléments musculaires; elle est enfin

et surtout adaptée à la très grande mobilité du membre supérieur ainsi qu'aux vastes et très variés déplacements que subissent la clavicule et l'omoplate.

Comparaison des ceintures thoracique et pelvienne. — Par ses caractères constitutifs la ceinture thoracique grêle, légère et mobile s'oppose à la ceinture pelvienne massive, solide et fixée.

La première est adaptée aux fonctions perfectionnées chez l'homme du membre supérieur, à la variété et à la délicatesse de ses mouvements auxquels participent les éléments mêmes de la ceinture ; la seconde est immobilisée dans son rôle de soutien des organes abdominaux et du corps tout entier.

Malgré les différences de toutes sortes qui les distinguent, malgré leurs caractéristiques presque opposées, les deux ceintures pelvienne et thoracique sont cependant anatomiquement comparables, car elles sont primitivement formées l'une et l'autre des mêmes éléments, scapulum, coracoïde et précoracoïde, éléments dont la différenciation s'est faite peu à peu pour les deux ceintures dans l'évolution des espèces et le développement des individus.

Seule la clavicule n'a pas son homologue au pelvis.

Union de la ceinture au thorax.

L'union de la ceinture au thorax se fait de manière presque unique dans tout le squelette.

Malgré l'étendue des surfaces en rapport, cette union ne comprend que deux points d'attache fixes, qui sont d'ailleurs extrêmement rapprochés et confondus par beaucoup d'anatomistes. Ce sont l'articulation sterno-claviculaire et la jonction costo-claviculaire, lesquelles fixent comme on sait l'extrémité interne de la clavicule au sternum et à la première côte. Tous les autres points de la ceinture peuvent se déplacer largement et en tous sens ; ils doivent cette grande mobilité à la souplesse de leurs attaches constituées presque uniquement par des muscles, qui, en dehors de leur intervention dans la production des mouvements, ont ici le rôle, plus important que partout ailleurs, de ligaments actifs.

Seule en effet de tous les tissus de l'organisme, la fibre

musculaire présente l'élasticité et la tonicité nécessaires pour parer aux vastes déplacements de la ceinture, déplacements que ne permettraient pas des attaches uniquement fibreuses.

C'est l'omoplate, dont on sait les larges évolutions à la face postérieure du thorax, qui bénéficie le plus de l'élasticité de ses attaches. Cet os n'est en effet normalement relié au thorax par aucun ligament fibreux solidement organisé ; de toute sa surface, de tous ses bords, ne se détachent que des lames musculaires ou de minces aponévroses incapables d'opposer aux mouvements actifs ou passifs une résistance un peu énergique.

La clavicule, quoique fixée à son extrémité interne, trouve aussi dans l'élasticité et la tonicité des muscles trapèze et pectoraux les conditions les plus favorables à sa suspension comme à ses mouvements.

Articulation sterno-claviculaire. — L'articulation sterno-claviculaire, ou plus exactement sternochondro-claviculaire, est généralement considérée comme une articulation par emboîtement réciproque dont les surfaces ne se correspondent pas, mais s'accordent par l'intermédiaire d'un fibro-cartilage (Sappey, Henle, Cruveilhier, Testut) ; cependant Poirier la considère comme une articulation par emboîtement réciproque dont les surfaces se correspondent parfaitement. Pour lui le ménisque interarticulaire n'est pas nécessaire pour établir la concordance qui existe déjà et l'articulation dans son ensemble appartiendrait plutôt au genre des énarthroses. Elle paraît bien en effet devoir être considérée comme une énarthrose, en raison de la forme des surfaces articulaires qui représentent assez exactement une tête et une glénoïde ; et aussi en raison des mouvements de la clavicule qui se produisent dans tous les sens et comprennent même de légers mouvements de rotation.

Le *sternum* fournit une facette ovalaire de petite dimension, excavée suivant le plan frontal, plane ou très légèrement convexe suivant le plan sagittal. Cette surface dans son ensemble regarde en haut, en dehors et en arrière. Elle se continue insensiblement avec le premier cartilage costal qui

comme le décrivent Cruveilhier, Sappey, Testut, paraît faire partie de l'articulation, étant lui même recouvert par la synoviale. Poirier cependant considère que le cartilage est en dehors de l'articulation. J'ai constaté à l'amphithéâtre que dans l'attitude normale de l'épaule, au repos, la clavicule repose seulement sur la surface sternale et n'atteint pas le cartilage; mais dans certains mouvements et notamment dans l'élévation maximum du bras ou l'écartement en arrière des épaules, la clavicule déborde l'encoche sternale et vient s'appuyer sur le cartilage costal.

La *clavicule* présente une surface articulaire triangulaire dans son ensemble, mais qui comprend deux parties, l'une postéro-supérieure sensiblement plane, l'autre antéro-inférieure très nettement convexe. C'est par cette surface antéro-inférieure, très arrondie et qui représente la tête de l'énarthrose, que la clavicule s'appuie et roule sur la surface chondro-sternale dont elle ne perd jamais le contact; la partie postéro-supérieure, qui déborde de beaucoup en haut et en arrière l'encoche sternale, n'est avec celle-ci qu'en contact intermittent, et seulement dans les mouvements d'élévation et d'adduction de l'épaule; au repos, dans l'attitude normale, elle en est séparée par un assez large intervalle qu'occupe en partie le fibro-cartilage.

Dans son ensemble la surface claviculaire regarde en bas, en dedans et en avant, direction qui est opposée en tous sens à celle de la facette sternale; toutefois l'orientation de la surface claviculaire dans les différents plans varie suivant les attitudes, tandis que la facette sternale reste fixe; la correspondance des surfaces n'est donc pas constamment exacte; elle est presque parfaite lorsque la clavicule forme un angle de 40° à 50° au-dessus du plan horizontal et de 30° à 40° en arrière du plan frontal de l'articulation. Ces angles sont réalisés dans l'élévation verticale du bras et l'élévation en masse de l'épaule. C'est donc dans ces attitudes que les surfaces articulaires se correspondent le plus exactement, et ont le plus grand nombre de points en contact. Ainsi est expliqué ce fait que pour produire avec l'épaule ou avec le bras horizontalement tendu une action, ou une résistance

maximum, on élève instinctivement et on porte en arrière le moignon de l'épaule et par suite la clavicule.

Les deux os sont unis par un manchon fibreux très résistant, et encore renforcé par des bandelettes fibreuses situées en avant et en arrière (*ligaments antérieur et postérieur*) et surtout par un ligament supérieur puissant et commun aux deux articulations sterno-claviculaires, le ligament interclaviculaire. Ce dernier ligament solidement organisé a un premier plan profond adhérent à chaque capsule, et un plan supérieur qui réunit directement les deux clavicules. Ce plan supérieur est lui-même formé de plusieurs faisceaux parallèles ou entrecroisés qui, séparés par des interstices de tissu graisseux, se tendent et se détendent suivant les attitudes de l'épaule ; ce ligament très résistant joue un rôle important dans la statique et la mécanique de la ceinture; il limite l'abaissement de l'épaule, et contribue à la maintenir à sa position normale, s'opposant à l'action de la pesanteur du bras qui tend à faire basculer en haut l'extrémité interne de la clavicule.

Enfin il rend solidaires pour certains mouvements les deux demi-ceintures droite et gauche. C'est ainsi que pour exagérer l'abaissement d'une épaule, il est nécessaire d'élever l'épaule opposée, mouvement qui a pour effet de relâcher le ligament interclaviculaire. Il en est de même, mais plus faiblement, pour les déplacements en avant ou en arrière, lesquels sont pour la même raison rendus un peu plus faciles et plus étendus par le mouvement inverse de l'épaule opposée (1).

L'extrémité de la clavicule est encore fixée par le *ligament costo-claviculaire* que Sappey, Cruveilhier, Testut considèrent comme appartenant à l'articulation sterno-claviculaire et qu'ils décrivent avec elle sous le nom de ligament inférieur. Poirier l'appelle aussi ligament inférieur de l'articulation sterno-claviculaire, mais il juge préférable de le décrire séparément comme moyen d'union de la clavicule à la première côte. En réalité, ce ligament costo-claviculaire est tout à fait indépendant de l'articulation sterno-claviculaire.

(1) Ch. Féré a déjà signalé cette intéressante solidarité de mouvements des deux épaules mais n'en a pas donné l'explication anatomique.

Par ses insertions, par sa contexture et surtout par son rôle, il constitue une formation articulaire indépendante, très intéressante au point de vue mécanique et qui mérite d'être particulièrement étudiée. Il fera donc plus loin l'objet d'un paragraphe spécial.

Les surfaces claviculaires et sternales sont, comme on sait, séparées par un fibro-cartilage étroitement fixé à la capsule. Ce *fibro-cartilage* divise donc l'articulation en deux compartiments tapissés chacun par une synoviale, et qui forment, le plus souvent, deux articulations distinctes : ménisco-claviculaire et ménisco-sternale.

L'interprétation et le rôle de cet élément surajouté ont été des plus discutés, et les auteurs ne sont point encore aujourd'hui d'accord à son sujet.

Sappey lui donne pour attribution de rétablir la contiguïté entre les deux surfaces qui ne se correspondent pas et secondairement de consolider l'articulation par son union intime avec les ligaments périphériques.

Pour Cruveilhier, le rôle du fibro-cartilage est de prévenir les chocs et les pressions, ainsi que l'attesterait l'usure habituelle du fibro-cartilage chez les vieillards.

Par contre, Gegenbaur lui refuse toute utilité, toute fonction. Il l'envisage seulement comme le représentant très réduit, comme le vestige de l'épisternum ou interclavicule, qui chez certains mammifères inférieurs sert d'intermédiaire entre le sternum et la clavicule.

Testut, Poirier sont aussi de cet avis. Poirier juge même qu'il n'y a plus lieu de discuter le rôle de tampon qui avait été attribué à ce fibro-cartilage par certains anatomistes, « entêtés à trouver pour tout organe un but et une utilité ».

Sabatier, cependant, s'est récemment rangé à l'opinion des premiers anatomistes et son avis paraît en l'espèce sérieusement motivé. Pour lui, l'interclavicule se retrouve dans le manubrium soudé à la première pièce sternale ; et ne peut être par conséquent représenté par le fibro-cartilage interclaviculaire. Le fibro-cartilage est ici, comme dans les articulations temporo-maxillaire, fémoro-tibiale, acromio-claviculaire, une formation spéciale réalisée en vue des pres-

sions énergiques et fréquentes subies par l'articulation.

Très épais à sa partie supérieure, aminci à sa partie inférieure où l'interligne est le plus souvent considérablement réduit, le fibro-cartilage épouse exactement par sa face externe la forme de la surface claviculaire ; il facilite ainsi certainement l'adaptation des deux surfaces articulaires, surtout à la partie postérieure et supérieure de l'interligne.

L'adaptation plus parfaite des surfaces ainsi réalisée a pour résultat d'augmenter les points d'appui de la clavicule dans l'encoche sternale, ce qui a surtout son utilité lorsque l'épaule doit agir latéralement et résister à des pressions qui s'exercent sur elle suivant le plan frontal.

Le fibro-cartilage étant à la fois résistant, souple et élastique, il est vraisemblable aussi qu'il atténue les pressions et adoucit les résistances transmises par la clavicule.

Etant étroitement fusionné par son pourtour à la capsule et aux ligaments, il élargit la cavité articulaire tout en augmentant la solidité de ses parois ; il permet aussi aux surfaces articulaires des variations d'écartement plus considérables.

Enfin, le fibro-cartilage divise l'articulation en deux compartiments, en deux articulations distinctes.

Poirier a cherché la part qui revient à chacune d'elles, en fixant le fibro-cartilage alternativement à la surface sternale et à la surface claviculaire ; il a constaté que les deux articulations participent à tous les mouvements, mais que la ménisco-claviculaire est de beaucoup la plus mobile et la plus importante.

Quoi qu'il en soit, la division de l'article en deux articulations complètes et associées constitue un perfectionnement qui en augmente la solidité, l'élasticité et la mobilité.

Il n'est donc pas nécessaire d'avoir recours à l'anatomie comparée pour trouver la raison d'être de ce fibro-cartilage dont la présence est ici aussi facilement explicable que dans les articulations du genou ou temporo-maxillaires.

Les *mouvements* de l'articulation sterno-claviculaire se font suivant toutes les directions : en haut, en bas, en avant, en arrière et dans tous les plans intermédiaires. La surface claviculaire seule se déplace, la surface sternale restant fixe.

Ces déplacements de l'extrémité interne de la clavicule se font suivant des lignes courbes à concavité externe, exactement en sens inverse de ceux de l'extrémité acromiale; ils ne dépassent pas un centimètre dans tous les sens. Le centre de ces mouvements est au niveau de l'union costo-claviculaire.

Il existe aussi de légers mouvements de rotation de la clavicule sur son axe longitudinal. Ces mouvements qui ne dépassent pas 8° ou 10°, se constatent sur le cadavre et aussi sur le vivant. Pendant l'élévation de l'épaule, on voit la face supérieure plate et normalement horizontale de l'extrémité externe de la clavicule s'incliner en arrière, tandis que son bord antérieur s'élève notablement.

Enfin, pendant les mouvements de l'épaule, il se produit dans l'articulation sterno-claviculaire des écarts et des rapprochements de la clavicule sur le sternum. L'intervalle qui sépare les deux surfaces articulaires varie ainsi de 3 à 8 millimètres et dans une même attitude diffère encore suivant les points examinés ; ainsi dans l'écartement des épaules en arrière, les surfaces sternale et claviculaire sont en avant séparées par un intervalle de 7 à 8 millimètres, mais elles restent en arrière très rapprochées l'une de l'autre.

Union costo-claviculaire. — En dehors de l'articulation sterno-claviculaire, la clavicule est reliée à la première côte et au premier cartilage par un appareil ligamenteux qui rappelle beaucoup mais en plus petit les attaches de la clavicule et de l'apophyse coracoïde. C'est une sorte d'articulation à distance présentant deux surfaces : l'une claviculaire, l'autre chondro-costale, unies par un ligament qui est dissociable en deux lames fibreuses séparées par une petite bourse synoviale.

Les surfaces unies par ce ligament ne sont pas en contact permanent ; elles s'appuient l'une sur l'autre dans l'attitude abaissée du bras, mais s'écartent notablement l'une de l'autre dans l'élévation de l'épaule.

La surface claviculaire est une petite facette ovalaire disposée transversalement à la face inférieure de l'os à 12 ou 15 millimètres de son extrémité interne. Cette facette, absolument indépendante de la surface articulaire destinée au

sternum, est plus ou moins lisse et régulière avec quelques rugosités accusées surtout à son bord postérieur. Elle est à sa périphérie recouverte par les insertions du ligament costo-claviculaire, mais sa partie centrale est souvent libre et encroûtée de cartilage.

La surface chondro-costale, de forme et de dimension analogues, est située à cheval sur la côte et le cartilage; elle est aussi allongée transversalement, tapissée de cartilage et recouverte en partie par les insertions du ligament costo-claviculaire et du tendon du sous-clavier. Les deux surfaces sont réunies par un ligament court mais résistant, dont la direction est oblique en haut et en dehors. Ce ligament, dont les dimensions varient suivant les sujets (10 à 15 millimètres de long sur 8 ou 10 millimètres de large) est parfaitement distinct de la capsule de l'articulation sterno-claviculaire; il est assez épais et apparaît sur une coupe horizontale formée par deux lames fibreuses, l'une antérieure et l'autre postérieure. Ces deux lames sont le plus souvent fusionnées sur leurs bords internes et externes, mais séparées au milieu par un intervalle qu'emplit une petite bourse séreuse. Enfin, les deux lames du ligament sont renforcées par les fibres du tendon du sous-clavier qui se fusionnent avec elles et vont se fixer au même niveau qu'elles à la première côte et même à la clavicule. Ainsi constitué, le ligament costo-claviculaire se rapproche beaucoup d'une capsule articulaire, et la bourse séreuse qu'il contient malgré ses dimensions restreintes, constitue aussi une véritable synoviale; on trouve donc dans cette union costo-claviculaire tous les éléments d'une articulation, peu développée sans doute, mais bien en rapport avec les mouvements réduits dont elle est le siège.

Les *mouvements* costo-claviculaires sont très limités et ne dépassent pas quelques millimètres dans tous les sens. Ce sont des glissements des deux surfaces l'une sur l'autre dans le sens antéro-postérieur lorsque la clavicule s'appuie sur la première côte, des rapprochements et des écarts en hauteur de ces surfaces pendant l'élévation et l'abaissement de l'épaule, écarts limités par la longueur du ligament (8 à 12 millimètres), enfin des glissements du feuillet antérieur sur

le feuillet postérieur et inversement dans les divers déplacements de la clavicule, ainsi que dans ses mouvements de rotation.

Ces divers mouvements sont si limités qu'ils échappent facilement à un premier examen ; ils sont d'ailleurs pour ainsi dire négligeables dans l'ensemble des mouvements de la clavicule. En effet, dans les mouvements de l'épaule, la clavicule oscille et se déplace sur un point fixe qui n'est autre que l'articulation costo-claviculaire. Cette articulation est ainsi le centre des mouvements de la clavicule et de l'épaule tout entière. Elle joue donc dans la mécanique de la ceinture un rôle des plus importants qui n'avait pas été jusqu'ici signalé. Elle fournit à la clavicule un deuxième point d'appui et constitue pour la ceinture tout entière un pivot à la fois solide, fixe, souple et mobile.

Muscles et aponévroses qui unissent la clavicule au cou et au thorax. — La clavicule fixée au thorax par ses articulations sternale et costale, est encore rattachée au squelette (tête, cou, thorax) par des aponévroses et des muscles qui la maintiennent en place et jouent, vis-à-vis d'elle, même à l'état de repos, le rôle de ligaments secondaires.

C'est d'abord, à la région cervicale, le trapèze, qui par sa partie antérieure constitue un ligament actif suspenseur de l'extrémité externe de la clavicule. On en trouve la preuve dans la paralysie ou l'atrophie de ce muscle qui amène une descente marquée de l'épaule, un abaissement considérable de la clavicule.

C'est le chef claviculaire du sterno-cléido-mastoïdien, qui s'insère au-dessus du ligament costo-claviculaire et qui contribue à fixer la clavicule à son point mort.

Ce sont encore les aponévroses cervicales superficielle et moyenne qui adhèrent aux bords antérieur et postérieur de la clavicule.

Enfin, le petit muscle sous-clavier, qui joue dans la mécanique de la ceinture un rôle de ligament actif costo-claviculaire particulièrement intéressant.

Jonction scapulo-thoracique (fig. 8, 9 et 10). — L'omoplate, reliée à la région sternocostale par l'intermédiaire

de la clavicule, se trouve par cet os suspendue à la région postéro-externe du thorax. La clavicule joue ainsi vis-à-vis de l'omoplate le rôle d'un arc-boutant qui la supporte, et qui surtout la maintient sur le côté du corps, dans la position la plus favorable aux mouvements perfectionnés du membre supérieur.

Cette disposition latérale et frontale de l'omoplate et l'orientation en dehors de la cavité glénoïde, dues à l'intervention de la clavicule, sont caractéristiques de la station debout et de la fonction de préhension du membre supérieur chez l'homme.

En dehors de sa double articulation avec la clavicule, et malgré les rapports intimes et très étendus qu'elle contracte avec le thorax, l'omoplate ne présente avec lui aucune attache fixe et ne lui est reliée que par des muscles ou de minces aponévroses, liens essentiellement souples et élastiques, propices à de vastes déplacements.

En raison sans doute de cette absence de ligaments fibreux, ou à cause du manque de surfaces articulaires et de synoviale régulièrement organisées, cette union de l'omoplate et du thorax n'a jamais été étudiée comme une articulation, et même n'a jamais été l'objet d'une description d'ensemble. Cependant, sans élargir outre mesure le sens du mot « articulation », il semble bien que l'on peut comprendre dans sa définition la jonction scapulo-thoracique.

Littré et Robin, dans leur Dictionnaire de médecine, donnent du mot « articulation » l'interprétation suivante : « Assemblage et mode de connexion de deux pièces du squelette, qu'elles soient ou non mobiles l'une sur l'autre. Deschanel et Focillon, dans leur Dictionnaire des sciences, appellent articulations « les modes d'union et de connexion des os entre eux ». Pour Sappey, c'est « l'union ou assemblage des os ». Pour Cruveilhier, « l'agencement des os entre eux ». Liégeois, dans le Dictionnaire des sciences médicales, appelle encore articulation « l'assemblage et le mode de connexion de deux ou plusieurs os ». Testut les définit : « L'ensemble des parties molles et dures par lesquelles s'unissent deux ou plusieurs os voisins » ; et il ajoute : « toute articulation offre à consi-

dérer : 1° des surfaces osseuses ; 2° des parties molles interposées ou interosseuses ; 3° des parties molles placées autour d'elles ou périphériques ».

Au sens le plus strict des mots, aucune de ces définitions n'exclut des articulations l'union scapulo-thoracique ; on trouve en effet ici deux os voisins : l'omoplate et une région de la paroi thoracique qui peut dans son ensemble être considérée comme un seul élément squelettique.

Ces deux surfaces osseuses sont sinon en contact immédiat, du moins très rapprochées et réellement adaptées l'une à l'autre par leurs courbures concordantes. Entre ces surfaces, des parties molles sont interposées qui adoucissent les contacts et facilitent les glissements : ce sont les muscles sous-scapulaire et grand dentelé et le tissu cellulaire lâche disposé à l'instar d'une vaste bourse séreuse cloisonnée. Tout autour sont les moyens d'union, muscles et aponévroses, véritables ligaments actifs de cette sorte d'articulation. Enfin, entre les deux pièces osseuses se produisent des mouvements très souples et très étendus.

Voilà bien, réunis, tous les éléments caractéristiques d'une articulation, d'une diarthrose propice à toutes sortes de mouvements, d'une synsarcose, comme disaient Winslow et Bichat (synsarcose : articulation ayant des muscles pour moyens d'union) ; ajoutons encore qu'il se produit entre le scapulum et le thorax certains phénomènes pathologiques analogues à ceux qu'on observe dans les articulations ordinaires : des épanchements sanguins ou purulents, des tumeurs, des hygromas et des frottements (frottements sous-scapulaires étudiés par Terrillon, Gojot, Bassompierre).

Enfin, les chirurgiens n'ont pas hésité à donner le nom de désarticulation interscapulo-thoracique (Berger, Farabeuf) à l'ablation de l'omoplate nécessitée par la présence de tumeurs ou de foyers inflammatoires.

Il y a donc lieu d'étudier la jonction scapulo-thoracique comme une véritable articulation et d'examiner successivement ses divers éléments, d'autant qu'elle présente au point de vue anatomique, aussi bien que pour la méca-

nique des mouvements de la ceinture, un intérêt tout particulier.

Les *surfaces articulaires* sont représentées d'un côté par la fosse sous-scapulaire de l'omoplate, dont on connaît la forme triangulaire, et la double concavité horizontale et verticale ; de l'autre côté par la région postérieure et supérieure du thorax qui comprend la partie dorsale des 8 premières côtes avec leurs espaces intercostaux.

Cette surface thoracique a des dimensions beaucoup plus étendues que celles du scapulum, sans limites d'ailleurs bien régulières, ni bien précises, allant depuis le bord externe des gouttières vertébrales, et même en haut depuis les apophyses épineuses, jusqu'au point où les côtes prennent une direction nettement antérieure, ou plus simplement jusqu'aux insertions costales du grand dentelé. Elle forme une zone triangulaire à sommet inférieur ayant 25 à 30 centimètres de hauteur, pour 18 à 20 centimètres de largeur à sa base.

La convexité de la paroi thoracique, relativement peu accusée à ce niveau, correspond assez exactement dans le sens vertical et le sens horizontal à la concavité de la fosse sous-scapulaire. Ces surfaces scapulaire et thoracique sont revêtues du périoste et de certaines lames musculaires et aponévrotiques, notamment le petit dentelé supérieur qui recouvre les 4 premières côtes d'un plan lisse et uni, et se continue en bas vers le petit dentelé inférieur par une aponévrose épaisse et bien tendue. Dans le reste de sa surface en rapport avec l'omoplate, le thorax est seulement recouvert par une aponévrose qui adhère au périoste des côtes, passe en formant un pont nacré au-dessus des espaces intercostaux, et va se confondre en bas avec l'aponévrose du grand dorsal.

Quant à l'omoplate, elle est tapissée par le muscle sous-scapulaire qui recouvre toute la fosse sous-scapulaire et se trouve lui-même revêtu d'une mince aponévrose en rapport avec le grand dentelé.

Enfin le scapulum et le thorax sont encore séparés l'un de l'autre par le muscle grand dentelé.

Muscles et aponévroses qui relient l'omoplate au thorax. —

La clavicule fixe l'omoplate dans sa situation frontale en arrière du thorax, mais elle ne suffit pas à la maintenir à sa hauteur normale (1).

Elle a donc besoin d'être soutenue par des liens propres; par des muscles qui, en dehors de leur rôle actif dans les mouvements, constituent tout d'abord de véritables ligaments scapulo-thoraciques.

C'est d'abord en haut le trapèze grand ligament suspenseur de l'épaule, reliant à la tête et aux vertèbres tout le bord supérieur de l'épine et de l'acromion. En avant de lui, sur un plan plus profond, l'aponévrose cervicale moyenne qui rattache le bord supérieur de l'omoplate à l'os hyoïde et au maxillaire inférieur; en dedans, l'angulaire et les rhomboïdes tendus du bord spinal à la colonne vertébrale et formant un vaste ligament latéral interne; en dehors, les muscles grand et petit ronds, sous-scapulaire et même grand dorsal qui unissent le bord axillaire à l'humérus uni lui-même au thorax par le grand pectoral.

Enfin entre le scapulum et le thorax, disposé comme un vaste ligament interosseux, le muscle grand dentelé.

Ces muscles sont enveloppés et reliés les uns aux autres, ainsi qu'aux muscles voisins, par des feuillets aponévrotiques qui se fusionnent en bas dans l'épaisse aponévrose du grand dorsal. Il existe ainsi autour de l'omoplate une vaste lame musculaire, étroitement appliquée contre le thorax, et partout continue sauf en un point situé en dedans de l'angle inférieur. A ce niveau en effet se trouve une zone triangulaire dépourvue de muscles et limitée par le bord inférieur du trapèze, le bord inférieur du rhomboïde et le bord supérieur du grand dorsal. Cet espace, qui rappelle le triangle de Jean-Louis Petit, est occupé par une lame aponévrotique dédoublée sur ses trois bords pour envelopper les trois muscles qui la délimitent. C'est un point faible sous-cutané par lequel il est facile de pénétrer dans l'espace sous-dentelé et dans lequel

(1) Bichat croyait que l'omoplate était réellement portée par la clavicule. Polaillon a écrit au contraire que c'est l'omoplate qui soutient la clavicule. La vérité paraît être entre ces deux opinions trop exclusives, car la ceinture est surtout soutenue par le trapèze qui s'insère à la fois sur l'omoplate et sur la clavicule.

viennent apparaître les collections sanguines ou purulentes développées entre le scapulum et le thorax.

Tous ces muscles constituent des ligaments agissant par leur tonicité et leur élasticité. Par leur tonicité ils soutiennent l'omoplate qui, au repos, dans l'attitude normale, est suspendue en équilibre sous les actions divergentes du trapèze, du grand dentelé, des rhomboïdes et de l'angulaire ; par leur élasticité, ils permettent à cet os, suivant l'expression de Bichat, « de parcourir un trajet auquel ne se prêteraient pas des organes uniquement fibreux ». Ces ligaments musculaires peuvent en effet suivre l'omoplate dans ses déplacements, se raccourcir ou s'allonger sans que leur action tonique en soit trop diminuée. Ainsi les fibres inférieures du rhomboïde dont la longueur moyenne est de 10 centimètres peuvent sur un même sujet, dans les divers mouvements s'allonger jusqu'à 20 centimètres et se raccourcir jusqu'à 5 centimètres ; le grand dentelé varie de même dans ses dimensions frontales entre 5 centimètres et 20 centimètres.

D'autre part l'élasticité des fibres musculaires n'étant pas illimitée, les muscles peuvent aussi, sans que leur contractilité et même leur tonicité interviennent, limiter l'étendue des déplacements de l'omoplate ; toutefois cette limitation passive est des plus réduite ; on en a la preuve dans la paralysie des muscles de la région. Dans la paralysie du grand dentelé, notamment, on constate que les rhomboïdes entraînent l'omoplate en dedans et en haut, bien au delà de ses incursions habituelles, et lui font même atteindre la ligne médiane.

Quant aux diverses aponévroses, leur rôle comme ligament est relativement peu important, et elles paraissent ici avoir surtout pour effet de relier entre eux les divers plans musculaires et de leur former des enveloppes à surface lisse favorables aux glissements. Cependant les aponévroses vivantes sont comme les muscles, mais à un degré moindre, douées de tonicité et d'élasticité ; et ces qualités, qui se manifestent particulièrement dans la région scapulaire, paraissent être pour les aponévroses comme pour les muscles des fonctions vitales, tout à fait distinctes des qualités, de résistance ou de

souplesse passives, que les tissus musculaires et fibreux présentent encore après la mort, car il est certain qu'il y a « entre le ligament mort et le ligament vivant autant de différences que pour le muscle entre ces deux états » (Poirier).

Un muscle mérite maintenant de retenir l'attention en raison de sa disposition spéciale dans l'interligne scapulo-thoracique : *c'est le grand dentelé*. Ce muscle qui s'insère sur le bord spinal, dans toute sa hauteur, en dedans du sous-scapulaire et en dehors des rhomboïdes, dont il continue la direction se fixe d'autre part aux neuf premières côtes, sur la paroi latérale du thorax. Formé d'une série de faisceaux imbriqués les uns sur les autres, il constitue dans son ensemble une vaste lame musculaire obliquement disposée d'arrière en avant et de dedans en dehors entre les deux surfaces osseuses (fig. 8) et se présente ainsi comme un élément interposé rappelant les fibro-cartilages interarticulaires.

Il forme en effet dans l'interligne une cloison oblique qui divise l'articulation en deux compartiments de coupe triangulaire, l'un antérieur, thoracique ou sous-dentelé, à ouverture interne, et l'autre postérieur, scapulaire ou sous-scapulaire, à ouverture externe. Cette cloison élastique comprise entre deux feuillets aponévrotiques se raccourcit ou s'allonge selon les mouvements de l'omoplate. Ainsi on voit le muscle se plisser sur le cadavre dans les déplacements de l'épaule en avant, s'étendre dans le mouvement en arrière. Sur le vivant, dans les mouvements actifs, le muscle qui d'ailleurs intervient de manière prépondérante dans le déplacement de l'épaule en avant et en haut, se contracte au lieu de se plisser. Il se relâche et se laisse distendre quand le bord spinal est attiré par le rhomboïde en arrière et en dedans. Et dans tous ces mouvements, le grand dentelé glisse en avant sur le thorax et en arrière sous le sous-scapulaire, séparé de l'un et de l'autre par du tissu cellulaire lâche, formation séreuse faiblement différenciée mais suffisante pour parer aux larges déplacements de l'omoplate et aux faibles pressions que supporte le thorax.

Espace sous-scapulaire (fig. 8). — Entre le sous-scapulaire et le grand dentelé, le tissu cellulaire est relativement peu abondant, très lâche, et ne présente aucune bride, aucune bourse séreuse régulièrement organisée. Il communique largement en dehors avec le tissu cellulaire du creux de l'aisselle et de la région thoracique antérieure avec lequel il se continue sans limite apparente. Il communique aussi en haut avec le tissu cellulaire situé sous l'aponévrose cervicale moyenne,

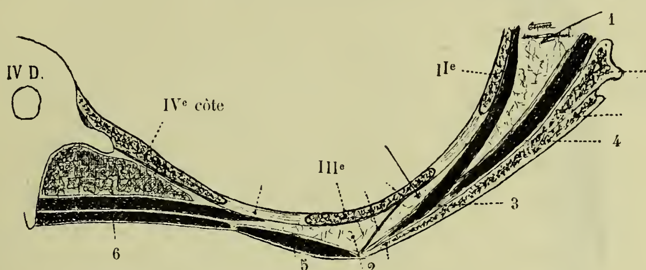


Fig. 8. — Coupe horizontale de la fonction scapulo-thoracique.
1, espace sous-scapulaire; 2, espace sous-dentelé; 3, grand dentelé; 4, sous-scapulaire; 5, angulaire; 6, rhomboïde.

particulièrement à la région antéro-latérale du cou, en avant des faisceaux supérieurs du grand dentelé; à ce niveau en effet, au-dessus du bord supérieur de l'omoplate, existe un intervalle triangulaire empli de tissu cellulaire et graisseux qui se continue en haut et en avant avec le tissu cellulaire du cou et du creux susclaviculaire et en bas avec celui de l'espace sous-scapulaire.

Entre le sous-scapulaire et le grand dentelé, se produisent des glissements assez étendus en hauteur et en largeur, ainsi que des écarts variables dans le sens antéro-postérieur; c'est dans l'élévation verticale du bras que l'intervalle devient maximum entre le grand dentelé et l'omoplate qui déborde alors de beaucoup le thorax en dehors. Mais au total, les mouvements qui se passent entre le grand dentelé et le sous-scapulaire sont peu considérables, relativement à ceux qui s'observent entre le grand dentelé et le thorax.

Au point de vue pathologique, l'espace sous-scapulaire est moins important que l'espace sous-dentelé, les frottements dits sous-scapulaires ne se passent pas entre le sous-sca-

pulaire et le grand dentelé mais entre ce dernier muscle et le thorax; d'autre part, le tissu cellulaire qui occupe cet espace sous-scapulaire n'est pas riche en éléments lymphatiques, et les abcès de l'aisselle, ni les abcès froids costaux n'ont aucune tendance à se prolonger de ce côté. Il en est de même des hématomes qui, nés dans la région axillaire, trouvent peu de résistance à s'y développer, et ne tendent pas à glisser sous le scapulum. Cependant les ecchymoses de certains traumatismes graves de l'épaule (fracture du col, ecchymoses de Hennequin) fusent généralement sous l'omoplate entre le sous-scapulaire et legrand dentelé et descendent jusque sous le grand dorsal. Les phlegmons du cou peuvent aussi en raison de la communication qui existe entre la région cervicale latérale et l'espace sous-scapulaire descendre dans cet espace et se faire jour dans la région axillaire. Enfin une plaie pénétrante de poitrine dans la région axillaire peut être suivie d'emphysème sous-cutané qui gagne aisément l'espace sous-scapulaire.

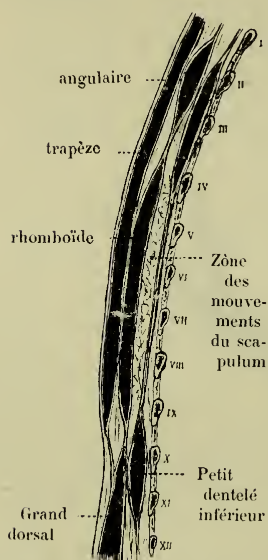


Fig. 9. — Coupe de la paroi à 3 cm. en dedans du bord spécial de l'omoplate.

L'espace sous-dentelé est situé entre le thorax en avant, le rhomboïde, l'angulaire et le grand dentelé en arrière; il descend en bas jusqu'au grand dorsal (fig. 8, 9, 10 et 11).

Il a les mêmes limites latérales que la surface du thorax en rapport avec le scapulum dans les divers mouvements. Il s'étend donc en largeur depuis les insertions costales du grand dentelé jusqu'aux muscles des gouttières et en hauteur depuis la première côte jusqu'à la neuvième. Ses contours rappellent dans leur ensemble la forme triangulaire de l'omoplate. Dans le sens antéro-postérieur l'espace sous-dentelé a une épaisseur qui chez les sujets normaux varie, suivant les attitudes et les points envisagés, de 1 à 3 centimètres et

qui, dans certains cas (amaigrissement, paralysie, amyotrophie), peut atteindre 8 et 10 centimètres. L'épaisseur de l'espace est maximum à la région moyenne, au niveau du bord spinal et surtout à l'angle inférieur.

Elle est virtuelle le plus souvent dans une grande partie de son étendue, particulièrement à la périphérie où elle s'atténue insensiblement, formant avec le thorax des culs-de-sac angulaires qui ressemblent aux sinus costodiaphragmatiques. Cet espace ainsi délimité, et qui représente la zone des mouvements du scapulum sur le thorax, est occupé par un tissu cellulaire lâche, à très larges mailles, qui se distend ou se resserre suivant les mouvements et les écarts de l'omoplate. Ce tissu cellulaire est plus lâche au niveau de la région moyenne et externe de l'espace, où se meut l'omoplate dans les déplacements ordinaires du bras et de l'épaule ; il est plus resserré dans la partie interne où le scapulum pénètre rarement. Il existe souvent au milieu de ce tissu cellulaire, entre le thorax et le grand dentelé, et parfois sous l'angulaire ou le rhomboïde, au voisinage de l'angle supérieur de l'omoplate, des brides fibreuses adhérentes à une côte (2e ou 3e) et à l'aponévrose d'enveloppe du muscle. Ces brides sont plus ou moins épaisses et ont parfois l'aspect et la résistance de véritables ligaments. Parfois aussi existe au même niveau une bourse séreuse parfaitement organisée, ayant une coque assez épaisse et une cavité centrale qui contient un peu de liquide synovial. La coque fibreuse de forme ovale, arrondie ou allongée adhère à la côte et à l'aponévrose du dentelé ou au bord spinal ; j'ai observé plusieurs fois cette bourse séreuse ainsi que le ligament sous-scapulaire déjà signalés par plusieurs anatomistes, Bugnion de Lausanne, notamment, a décrit une bride ligamenteuse du grand dentelé, et l'a qualifiée de ligament suspenseur de l'omoplate.

L'espace sous-dentelé est facilement injectable, surtout à ses parties moyenne et externe, où le tissu cellulaire qui l'occupe est le plus lâche. Sur plusieurs sujets, j'ai pu par la face interne du thorax, avec une seringue dont l'embout pénétrait à travers une côte ou un espace intercostal, envoyer une injection chaude de gélatine sous le grand dentelé.

L'injection a repoussé de 2 centimètres l'omoplate en arrière, surtout au niveau du bord spinal, et s'est infiltrée en largeur

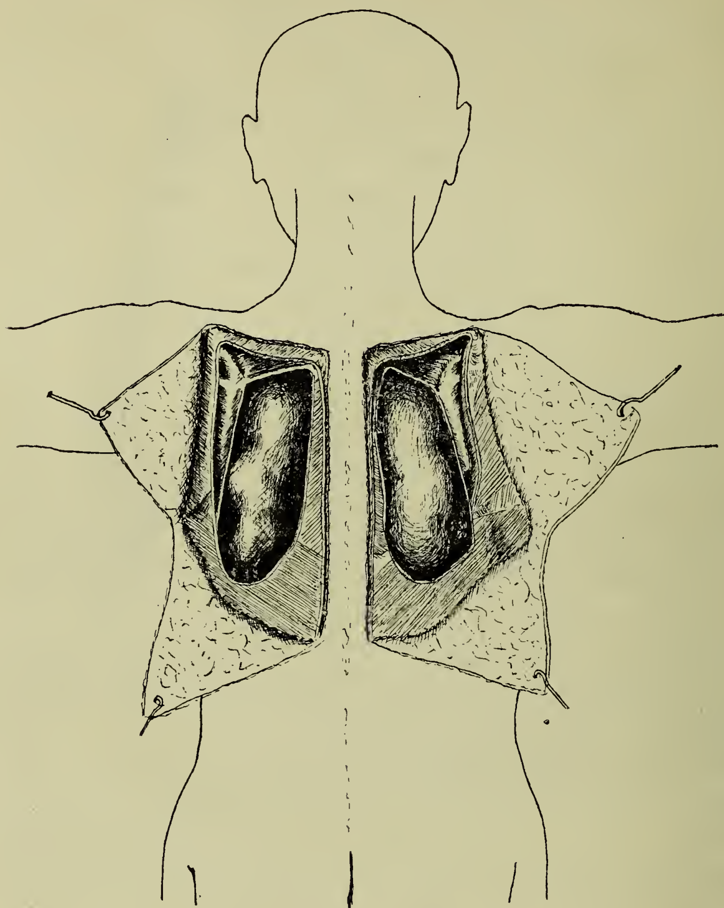


Fig. 10. — Espace injectable sous le dentelé et le rhomboïde. Zones des déplacements de l'omoplate.

jusqu'aux insertions costales du grand dentelé et sous le rhomboïde à 2 ou 3 centimètres en dedans : elle s'est étalée en hauteur un peu au delà des limites de l'omoplate. Après refroidissement, la gélatine injectée a formé une masse allongée (fig. 10), irrégulièrement triangulaire rappelant sur quelques sujets la forme du cœur, avec une base supérieure, un bord externe épais et arrondi, un bord interne beaucoup

plus mince. Sur deux sujets j'ai mesuré sur ces masses de gélatine les dimensions suivantes :

1er *sujet homme* : hauteur 15 cm. à droite et à gauche.

Largeur à la base : région supérieure, 9 cm. à droite et 7 cm. à gauche.

Epaisseur au milieu : 1 centimètre à 1^cm^,5 des deux côtés.

2me *sujet femme* : hauteur 12 cm. à droite, 11 centimètres à gauche.

Largeur en haut : 10 cm. à droite, 7 cm. à gauche.

Epaisseur au milieu 3^cm^,5 à droite, 2^cm^,5 à gauche (1).

Chez tous les sujets observés, la masse de gélatine avait refoulé le tissu cellulaire qui resserré lui formait une enveloppe adhérente. En outre, elle présentait en plusieurs points, et surtout à la partie supérieure, des encoches formées par des brides fibreuses, étendues de la paroi costale au grand dentelé, à l'angulaire et au petit rhomboïde. Il n'y avait pas de bride incluse dans la gélatine.

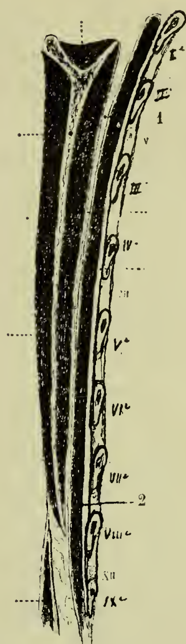


Fig. 11. — Coupe verticale de la ponction scapulo-thoracique passant par le milieu de l'omoplate.

1, espace sous-scapulaire ; 2, espace sous-dentelé.

Ainsi l'espace sous-dentelé, dans lequel l'omoplate se déplace sur le thorax, s'est anatomiquement organisé du fait de ces déplacements, et le tissu cellulaire lâche qui l'occupe peut avec raison être considéré comme une véritable formation séreuse.

Cet espace sous-dentelé présente d'ailleurs des particularités pathologiques qui le rapprochent encore des synoviales. On connaît les *frottements sous-scapulaires* relativement fréquents, chez les arthritiques ou à la suite de traumatisme et qui ont été décrits par Terrillon, Gojot, Bassompierre.

(1) On remarque que ces mesures en largeur et en hauteur sont à peu près celles de l'omoplate ; d'autre part, ces dimensions sont un peu plus grandes à droite qu'à gauche, ce qui peut être en rapport avec la mobilité plus fréquente et aussi sans doute plus étendue de l'omoplate du côté droit.

Ces frottements souvent localisés à tort dans l'articulation de l'épaule se passent entre l'omoplate et le thorax et paraissent résulter de l'inflammation chronique des bourses séreuses développées dans le tissu cellulaire lâche. Et Terrillon rapporte précisément le cas d'un malade atteint de frottements sous-scapulaires chez lequel fut constaté sous l'angle supérieur de l'omoplate un hygroma à grains riziformes. Ces frottements sont d'ailleurs surtout accusés le plus souvent au niveau de l'angle supérieur, point où s'observent généralement les bourses séreuses et qui est de tout l'omoplate le plus souvent et le plus directement en contact avec le thorax dans les divers mouvements.

D'autre part un hématome, une collection, suite d'abcès froid costal ou de pleurésie purulente peut se former dans l'espace sous-dentelé; cette collection vient en descendant faire saillie en dedans de l'angle inférieur de l'omoplate au-dessous du rhomboïde et du trapèze, dans le triangle aponévrotique que ces deux muscles forment avec le bord supérieur du grand dorsal. Enfin les plaies pénétrantes du thorax à ce niveau s'accompagnent généralement d'emphysème qui se développe aisément dans le tissu cellulaire lâche de la région.

Mouvements. — Dans la jonction scapulo-thoracique, il semble tout d'abord qu'un seul élément est mobile : l'omoplate. Et dans la plupart des mouvements, en effet, c'est l'omoplate seule qui se déplace. Cependant il existe aussi des mouvements du thorax sur la surface scapulaire ; ce sont ceux qui se produisent pour la respiration lorsque l'épaule est fixée soit par le décubitus dorsal, soit par la suspension du corps sur les bras. Ces mouvements qui seront plus loin longuement étudiés comprennent des déplacements en hauteur, en largeur et des écarts variables entre les surfaces correspondantes.

B. — Étude mécanique.

Muscles qui agissent sur la ceinture.

Les caractères anatomiques des muscles de la ceinture sont bien connus et j'ai déjà montré leur rôle important de ligaments actifs. Il reste à les envisager au point de vue de leur action mécanique et à étudier la part qu'ils prennent aux mouvements de l'épaule. Il sera pour cela suffisant de rappeler sommairement les insertions, les directions et l'innervation de chacun d'eux; mais il y aura intérêt à examiner de près les forces que représentent ces muscles et les déplacements qu'ils peuvent produire.

Cette étude de la fonction mécanique de chaque muscle est très compliquée pour tous les muscles de l'organisme quels qu'ils soient, mais elle apparaît bien plus complexe à la région scapulaire. Il est en effet particulièrement difficile de reconnaître la part exacte qui revient à chaque muscle dans la production des mouvements de l'épaule, d'abord à cause de l'étendue et de la variété de ces mouvements et du nombre des muscles qui y participent, puis et surtout en raison de la situation de l'omoplate suspendue en équilibre à l'extrémité du levier claviculaire sous l'action de forces en apparence antagonistes et cependant toujours favorablement coordonnées.

Les auteurs sont peu nombreux d'ailleurs qui ont suivi de près cette question du rôle physiologique des divers muscles de l'organisme et de ceux de l'épaule en particulier. Ce sont surtout Winslow, Bichat et Duchenne en France; Fick et Weber, Bernhardt, Lewensky, Mollier et Merkel en Allemagne. Leurs travaux ont été basés sur la dissection et l'examen des muscles à l'amphithéâtre, sur l'observation des mouvements des sujets normaux et pathologiques, particulièrement dans les cas d'atrophie et de paralysie, sur l'électrisation localisée, enfin sur les renseignements fournis par l'anatomie comparée.

Ainsi ont été réunies des données intéressantes et des avis autorisés parmi lesquels demeure l'œuvre de Duchenne comme la plus puissante et la plus documentée. Cependant tout n'est pas éclairci et les divergences importantes per-

sistent sur le rôle d'un grand nombre de muscles. Il faut donc reprendre la question pour les muscles de la ceinture et après avoir examiné les diverses opinions émises, je dirai avec l'appui de mes recherches personnelles le rôle qui me paraît devoir être accepté pour chacun d'eux.

Mais certaines *notions générales de mécanique musculaire* doivent d'abord être ici retenues et particulièrement appliquées aux muscles de l'épaule.

Les muscles, tels qu'on les envisage habituellement en anatomie avec leurs noms et leurs caractères individuels, ne constituent pas toujours physiologiquement des unités homogènes; certains, comme le trapèze et le grand dentelé, sont même formés de parties tout à fait distinctes morphologiquement et physiologiquement.

Cependant il serait exagéré d'accepter avec certains auteurs que deux parties d'un même muscle (par exemple les faisceaux supérieurs et les faisceaux inférieurs du trapèze) sont constamment antagonistes et par suite ne peuvent se contracter simultanément sans diminuer réciproquement leurs effets. Il me paraît au contraire que *toujours dans quelques cas et au moins pour son action principale, un muscle peut agir avec tous ses éléments et de manière concordante, malgré les directions divergentes de ses parties.*

D'autre part, dans la production des mouvements, les muscles agissent toujours par groupe; leurs actions se coordonnent de la manière la plus favorable; quelques-uns ont des effets pour ainsi dire parallèles, superposables; d'autres paraissent antagonistes qui par une voie détournée produisent le même résultat. Et c'est pourquoi les muscles d'un même groupe peuvent se suppléer lorsque un ou plusieurs d'entre eux deviennent insuffisants (atrophie, paralysie); et c'est pourquoi aussi l'étude de l'action d'un muscle doit être accompagnée de l'étude des actions de tous les muscles voisins.

Enfin, les muscles dans leurs actions sur le squelette doivent être considérés comme des forces agissant sur des leviers. Il est donc possible d'appliquer à leur étude les principes et les méthodes de la mécanique. La direction des

forces des muscles est donnée par leurs insertions en allant de l'extrémité mobile vers l'extrémité fixe ; chaque fibre représente une force et dans un même muscle les diverses fibres représentent souvent des forces de direction très différente.

L'action d'un muscle, lorsqu'il se contracte tout entier, synergiquement est la résultante de toutes ces forces différentes.

De même, dans un groupe de muscles associés ou antagonistes, le mouvement produit est la résultante des actions qui se passent au même moment dans ces différents muscles.

Il est en principe possible d'obtenir mathématiquement le sens et la mesure relative des actions d'un muscle en traçant le parallélogramme des forces qu'il représente; mais il est nécessaire pour cela de préciser ses points fixes et ses points mobiles ainsi que les résistances qu'il rencontre. C'est naturellement le plus souvent très difficile, sinon impossible, notamment à l'épaule où beaucoup de muscles n'ont pas de point réellement fixe ; d'autre part, des données importantes du problème restent toujours inconnues : ce sont la notion de temps, c'est-à-dire le moment précis où les diverses fibres d'un muscle entrent en jeu, et la mesure de l'énergie de contraction de chacune de ses fibres.

Ainsi les résultats de l'étude mécanique des actions des muscles ne peuvent avoir une précision mathématique, mais seulement approximative. Cependant, si dans un muscle cette étude mécanique est méthodiquement appliquée aux différents faisceaux qu'il présente, les résultats obtenus ne sont pas négligeables.

1° *Muscles qui agissent directement sur la ceinture et la relient au thorax.*

Le **trapèze** (fig. 12) est de tous les muscles de la ceinture le plus important par ses dimensions et surtout par son rôle, soit comme ligament actif, soutien permanent de l'épaule, soit comme facteur de mouvements variés et puissants.

Il forme une vaste lame musculaire dont les insertions fixes suivent la ligne des apophyses épineuses depuis l'occipital jusqu'à la douzième vertèbre dorsale et dont les attaches

mobiles occupent sur la ceinture toute l'étendue du bord supérieur de l'épine et de l'acromion et le tiers externe de la clavicule. Ces deux longues lignes d'insertion sont reliées par des faisceaux musculaires de directions variées : les faisceaux antéro-supérieurs, claviculaires sont obliques en bas, en avant et en dehors; les faisceaux acromiens venus des trois ou quatre dernières cervicales sont obliques en bas et en dehors; les faisceaux moyens vont presque transversalement des quatre premières dorsales à la partie moyenne de l'épine ; enfin les faisceaux inférieurs sont très obliquement dirigés de

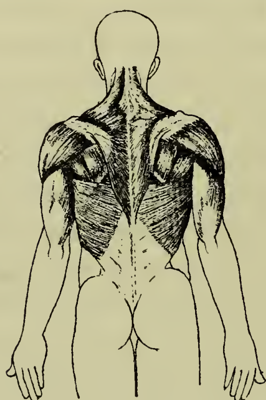


Fig. 12.

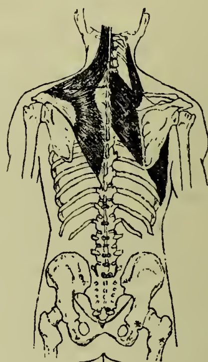


Fig. 13.

bas en haut et de dedans en dehors vers l'origine de l'épine au bord spinal. Les faisceaux extrêmes supérieurs et inférieurs sont les plus longs ; les faisceaux moyens sont les plus courts et cela non seulement à cause de leur direction, mais encore parce que leur insertion vertébrale se fait par un tendon aponévrotique plus long que pour les faisceaux. Ce développement moindre des faisceaux moyens est bien en rapport avec leur fonction, car ils s'insèrent sur l'épine, à la partie de l'omoplate qui se déplace le moins dans les divers mouvements.

Les insertions et les directions différentes des divers faisceaux du trapèze correspondent naturellement à des actions différentes; et de fait, ces faisceaux ont chacun leur autonomie relative aux points de vue anatomique, physiologique et même pathologique.

L'innervation du trapèze est particulièrement riche et chaque portion du muscle reçoit une ou plusieurs branches nerveuses indépendantes, qui proviennent du spinal et d'un nerf formé par une partie des troisième et quatrième paires cervicales.

Dans son ensemble le trapèze est essentiellement un muscle élévateur de l'épaule ; il élève le moignon et le rapproche de la ligne médiane, tous les anatomistes sont d'accord sur ce point ; mais cette action élévatrice est particulièrement complexe et diffère notablement au point de vue mécanique dans les diverses parties du muscle.

Pour Winslow, la portion supérieure du muscle tire en haut l'acromion et la clavicule ; la portion inférieure tire en bas la petite extrémité de l'épine, et « par ces deux mouvements en contresens, l'épine de l'omoplate fait une espèce de bascule ».

Bichat dit que les fibres supérieures élèvent directement le moignon, tandis que « les inférieures et les moyennes font exécuter à l'omoplate un mouvement de bascule ».

Duchenne en électrisant isolément les divers faisceaux du muscle a constaté que la portion claviculaire incline la tête, puis élève la clavicule et l'épaule ; que les faisceaux acromiens élèvent le moignon en écartant en dehors l'angle inférieur de l'omoplate puis élèvent l'épaule en masse ; que les faisceaux moyens élèvent légèrement l'épaule et rapprochent fortement l'omoplate de la ligne médiane; enfin que les faisceaux inférieurs abaissent un peu l'angle interne, puis rapprochent le bord spinal de la ligne médiane.

Cruveilhier dit que les faisceaux moyens font basculer l'omoplate et élèvent le moignon en raison de l'obliquité de l'épine à laquelle ils se fixent, et que les faisceaux inférieurs produisent aussi l'élévation du moignon par une rotation tout à fait analogue au mouvement de sonnette.

Sappey est du même avis que Cruveilhier pour l'action des faisceaux moyens, mais il croit que les faisceaux inférieurs attirent le bord spinal et toute l'épaule en bas et en dedans, et il en conclut que lorsque les trois portions du muscle agissent à la fois, la supérieure et l'inférieure deviennent

antagonistes ; l'épaule n'est ni élevée, ni abaissée ; elle se porte en dedans.

Poirier et Testut rappellent et acceptent l'opinion de Duchenne sur l'action des diverses parties du trapèze.

Enfin Merkel dit que la portion claviculaire soutient et élève l'épaule, que la portion moyenne agit surtout comme ligament faisant équilibre au poids du bras, et que la portion inférieure abaisse l'omoplate et place le bord spinal obliquement en bas et en dehors.

Toutes ces opinions diffèrent donc notablement tant sur le mécanisme du mouvement de rotation que sur le rôle de chaque faisceau du trapèze.

Pour bien saisir l'action du trapèze et celle de chacune de ses parties dans les divers mouvements de l'épaule, le meilleur est d'examiner au point de vue mécanique les forces que constituent ses divers faisceaux (fig. 18).

Les faisceaux claviculaires sont obliques en bas, en dehors et en avant. Ils constituent des forces dont la résultante s'applique à la clavicule entre l'acromion et la coracoïde et peut être décomposée en une verticale ascendante et une horizontale interne sensiblement égales ; la verticale lutte contre le poids du bras et des fardeaux qu'il supporte, puis entraîne l'épaule directement en haut ; elle agit sur la clavicule comme la force d'un levier du troisième genre (fig. 14) ; l'horizontale tend à porter le moignon en dedans et en arrière ; la force verticale peut aussi être en partie transmise au thorax par l'intermédiaire du petit pectoral, du sous-clavier et des lames musculaires ou aponévrotiques qui unissent la ceinture au thorax. C'est donc avec raison que les faisceaux claviculaires sont généralement considérés comme inspirateurs.

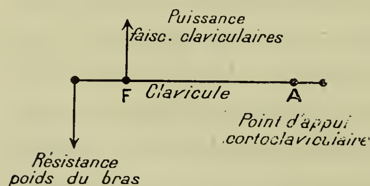


Fig. 14. — Faisceaux claviculaires du trapèze, levier du 3e genre.

Les *faisceaux acromiens* ayant une direction oblique en bas et en dehors portent l'acromion en haut et en dedans, action analogue à celle des faisceaux claviculaires ; le levier qui est

aussi du troisième genre (fig. 15) est ici formé par l'épine de l'omoplate ; cependant la force de traction en dedans est ici plus grande que la force d'élévation, et dans le parallélogramme des forces, l'horizontale dépasse d'un tiers la verticale.

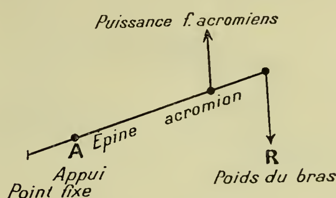


Fig. 15. — Faisceaux acromiens du trapèze, levier du 3e genre.

Les faisceaux claviculaires et acromiens ayant des directions et des actions analogues peuvent être représentés par une seule force fixée au sommet du moignon de l'épaule, à l'articulation acromio-claviculaire. Cette force est considérable en raison de la dimension des faisceaux, de la longueur de leurs fibres et de leur insertion au sommet même de l'épaule qui rend leur action plus directe et plus efficace.

Les *faisceaux épineux ou faisceaux moyens* ont une direction transverse ; ils attirent l'épine fortement en dedans et très légèrement en haut. Leur résultante est en effet très proche de l'horizontale et ne donne au parallélogramme des forces qu'une verticale minime ; cette résultante s'applique au milieu de l'épine (acromion non compris) c'est-à-dire à 3 ou 4 centimètres du bord spinal ; or c'est à peu près sur ce point que pivote l'omoplate pendant l'élévation du bras. La contraction des faisceaux épineux du trapèze a en effet pour résultat pendant l'élévation du bras non de déplacer l'épine en dedans, mais de neutraliser l'action inverse des faisceaux supérieurs et moyens du grand dentelé, et de fixer ainsi le point sur lequel bascule l'omoplate.

Dans l'élévation directe de l'épaule, les faisceaux moyens ne rencontrant plus la résistance du grand dentelé qui est relâché, entraînent l'épine en dedans et un peu en haut dans le même sens que les rhomboïdes.

Les *faisceaux inférieurs* remontant des vertèbres dorsales vers la partie la plus interne de l'épine, ont une direction oblique en haut et en dehors ; ils attirent donc l'extrémité interne de l'épine en bas et en dedans. Leur résultante qui

s'applique au bord spinal à l'origine de l'épine, agit comme la force d'un levier du premier genre (fig. 16), et donne au parallélogramme des forces une horizontale et une verticale descendante à peu près égales. La force horizontale s'ajoute, étant de même sens, aux forces horizontales des autres faisceaux ; mais la verticale étant descendante, agit en sens inverse des verticales des faisceaux supérieurs. Aussi à première vue les faisceaux supérieurs et les inférieurs paraissent antagonistes, et c'est pourquoi Sappey croyait que « lorsque les trois portions du trapèze agissent à la fois, l'épaule n'est ni élevée ni abaissée » ; or c'est là certainement une erreur, car on constate que pendant l'élévation du membre supérieur, tous les faisceaux du trapèze entrent en action, et il est raisonnable de croire que toutes les énergies du muscle mises en jeu concordent pour le résultat utile obtenu. Et en effet les faisceaux supérieurs et les inférieurs, qui dans le sens vertical constituent des forces de directions opposées, sont appliqués aux extrémités d'un même bras de levier dont le point fixe est situé entre ces deux forces. Il en résulte que agissant séparément ou simultanément, ces deux forces ont toujours pour effet de faire osciller le levier autour de son point fixe et d'élever le moignon de l'épaule. Ainsi, ces forces en apparence opposées ont en réalité des actions identiques et superposées. Les faisceaux supérieurs élèvent directement le moignon ; les faisceaux inférieurs l'élèvent aussi, mais par une voie détournée ; enfin les faisceaux moyens aident à la coordination de ces actions, en maintenant le point fixe nécessaire. Du moins, les choses se passent ainsi pendant l'élévation du membre supérieur.

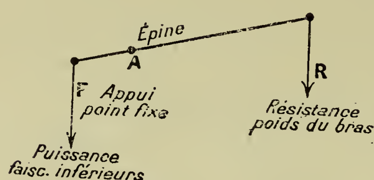


Fig. 16. — Faisceau inférieur du trapèze, levier du 3e genre.

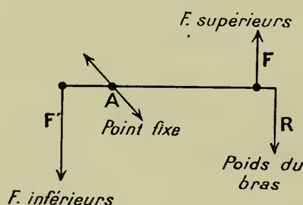


Fig. 17. — Action du trapèze, levier scapulaire.

Dans l'élévation directe de l'omoplate ou haussement d'épaule, mouvement auquel participent les faisceaux supérieurs du trapèze pour l'élévation du moignon, et dans lequel la rotation de l'omoplate ne se produit pas, ou est à peine esquissée, les faisceaux inférieurs auraient, s'ils se contractaient, une action réellement antagoniste ; mais ils restent relâchés, et se laissent distendre n'opposant au mouvement qu'une résistance insignifiante. Quant aux faisceaux moyens, ils aident dans le haussement d'épaule à rapprocher le bord spinal de la ligne médiane. Ainsi, dans son ensemble, et comme il a été dit tout d'abord, le trapèze élève l'épaule et l'attire en dedans.

Toutes ses forces *verticales*, malgré leurs directions différentes, se surajoutent dans leurs effets pour lutter contre le poids du membre supérieur et élever le moignon de l'épaule. C'est pourquoi lorsque ce muscle est paralysé

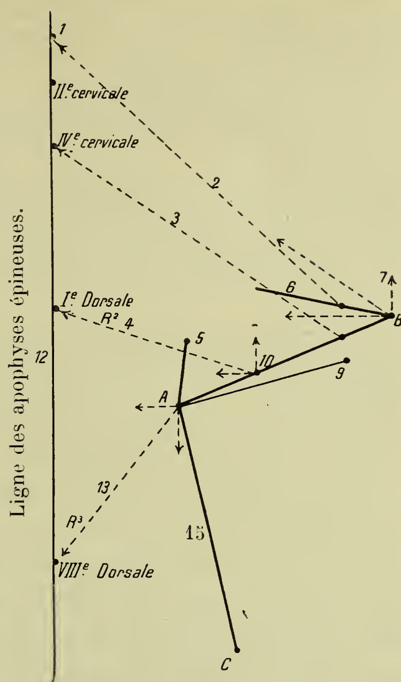


Fig. 18. — *Forces et actions du trapèze.*

1, occipital; 2, faisceaux claviculaires; 3, faisceaux acromiens; 4, faisceaux épineux; 5, angle interne; 6, clavicule; 7, angle externe; 8, articulation acromio-claviculaire; 9, cavité glénoïde; 10, épine; 13, faisceaux inférieurs; 15, bord spinal.

Les faisc. claviculaires = force oblique dirigée vers l'occipital et appliquée au 1/3 externe de la clavicule.

Les faisceaux acromiens = force oblique vers la IVe cervicale appliquée au milieu de l'acromion.

Les faisceaux claviculaires et acromiens réunis ont une résultante commune R^1 appliquée à l'articulation acromio-claviculaire et qui est décomposable en une horizontale interne = 3/5, et une verticale ascendante = 2/5.

Les faisceaux épineux, force légèrement oblique R^2 appliquée au milieu de l'épine dirigée vers la Ire dorsale et décomposable en une horizontale interne = 2/3 et une verticale ascendante = 1/3.

Les faisceaux inférieurs = résultante R^3 oblique dirigée vers la VIIIe dorsale, appliquée à l'extrémité interne de l'épine et décomposable en une horizontale interne = 1/2 et une verticale descendante = 1/2.

A.B.C. Omoplate dans son attitude normale de repos.

l'épaule est considérablement abaissée et ne peut s'élever. Secondairement ses forces verticales peuvent élever le thorax et aider à l'inspiration.

Toutes ses forces *horizontales* agissent dans le même sens et s'additionnent pour attirer l'épaule en arrière et en dedans ; elles luttent contre les forces antagonistes des pectoraux et du grand dentelé pour maintenir l'omoplate en équilibre dans sa position normale. Elles appliquent enfin le scapulum contre le thorax.

C'est pourquoi dans la paralysie du trapèze, la clavicule et l'épaule tout entière sont projetées en avant, et le bord spinal de l'omoplate se détache fortement en arrière de la paroi costale (aile d'ange incomplète).

Enfin le trapèze en fixant l'omoplate après avoir élevé l'épaule a encore pour effet de donner aux muscles scapulaires (épineux, sous-scapulaire et muscles ronds) le point fixe dont ils ont besoin pour mobiliser l'humérus. Il a donc ainsi une part indirecte dans tous les mouvements du membre supérieur.

Au total, le trapèze soutient la ceinture, l'élève et l'oriente de manière à augmenter l'étendue et la variété des mouvements du bras, particulièrement en haut et en arrière. C'est physiologiquement un muscle du membre supérieur, presque uniquement disposé en vue des fonctions de ce membre. Il faut noter d'ailleurs que le trapèze se continue comme direction et comme action jusqu'à l'humérus par le deltoïde ; les faisceaux limites antérieurs et postérieurs de ces deux muscles se correspondent en effet parfaitement et assez souvent même quelques faisceaux du trapèze se continuent directement sur le deltoïde, passant au-devant de la clavicule ou en arrière de l'épine (ces faisceaux ont été observés et décrits par Macalister, Testut, Ledouble).

D'autre part l'anatomie comparée montre que trapèze et deltoïde appartiennent à un même système musculaire (muscle céphalo-huméral de certains vertébrés non claviculés) ; ainsi le trapèze et le deltoïde constituent une vaste lame musculaire séparée en deux portions par une intersection osseuse, et qui reliant le membre supérieur à l'axe vertébral a surtout pour effet l'élévation du bras.

Le **grand dentelé**, dont on connaît la disposition oblique entre le scapulum et le thorax, est un muscle plat formé par une série de faisceaux séparés et bien distincts à leur insertion costale, mais réunis et fusionnés à leur insertion scapulaire.

On décrit généralement au muscle trois portions : supérieure, moyenne et inférieure. La portion supérieure est formée de deux faisceaux qui s'attachent à l'angle supéro-interne de l'omoplate.

La portion moyenne qui occupe toute la longueur du bord spinal est formée de quatre faisceaux parallèles. Enfin la portion inférieure comprend quatre faisceaux plus longs et plus épais qui se fixent à l'angle inférieur.

Tous les faisceaux du grand dentelé ont une direction antéro-postérieure, de leur insertion costale vers leur insertion scapulaire. En outre, dans l'attitude normale de l'épaule, les faisceaux supérieurs sont légèrement obliques en haut vers l'angle supérienr de l'omoplate ; les faisceaux moyens sont dans leur ensemble horizontaux, enfin les faisceaux inférieurs sont très fortement obliques en haut, le dernier même est presque vertical.

Le rôle très complexe du grand dentelé a été particulièrement bien étudié et les opinions des auteurs sont, en général, concordantes sur l'ensemble de son action qui est de maintenir l'omoplate appliquée contre le thorax et d'élever le moignon de l'épaule en attirant en dehors l'angle inférieur ; mais les interprétations varient sur le mécanisme de cette action, sur la part qu'y prend chaque faisceau du muscle, et sur les diverses actions secondaires qu'on peut encore lui reconnaître.

Winslow dit que les faisceaux supérieurs modèrent le reculement et la descente de l'angle supérieur pendant que l'angle inférieur avance et monte, mais il ne pense pas que ce muscle « puisse servir à la respiration ».

Bichat, par contre, soutient qu'il devient fortement inspirateur lorsqu'il prend son point fixe sur l'omoplate, et quand il prend son point fixe sur les côtes il devient antagoniste des rhomboïdes et du trapèze, attirant l'omoplate en avant et

la faisant basculer sur son axe transversal ; enfin il interviendrait puissamment dans l'action de supporter un fardeau, les côtes étant dans cet effort immobilisées par la contraction du diaphragme.

En électrisant le grand dentelé, Duchenne dit avoir obtenu une légère élévation du moignon produite par un mouvement de rotation de l'omoplate sur son angle interne, puis l'épaule aurait été portée en masse en avant et en haut (?) Mais il ne croit pas que ce muscle contribue à maintenir l'omoplate contre le thorax ni qu'il intervienne dans l'action de porter un fardeau avec l'épaule ; par contre, il serait un inspirateur auxiliaire énergique.

Cruveilhier pense comme Bichat que le grand dentelé agit très fortement dans le fait de soutenir un fardeau avec l'épaule.

Pour lui les faisceaux supérieurs agissant isolément abaissent l'omoplate devenant ainsi antagonistes des faisceaux inférieurs, mais ceux-ci, plus nombreux et plus forts, prédominent. Enfin « si le muscle prend son point fixe sur l'omoplate immobilisée, sa première portion serait inspiratrice ».

Comme Duchenne, Sappey dit que le grand dentelé fait tourner l'omoplate autour de l'angle interne qui reste fixe ; il aurait comme congénère de ce mouvement la portion moyenne du trapèze (?) lorsque le rhomboïde ayant atteint sa limite d'extensibilité arrête le mouvement en avant de l'angle inférieur, l'omoplate se porte directement en haut (?). Enfin lorsque cet os est attiré en haut et en dedans par le rhomboïde, les trois portions devenant obliquement ascendantes le muscle tout entier attire les côtes en haut et en dehors.

Testut distingue comme Cruveilhier le rôle de chacune des trois portions du muscle dans la respiration ; pour lui la première et la dernière portion élèvent les côtes et sont inspiratrices tandis que la portion moyenne les abaisse et est expiratrice.

Enfin Poirier rappelle la plupart des données expérimentales de Duchenne et ses interprétations physiologiques. Il accepte notamment que le grand dentelé élève directement et en masse l'omoplate et qu'il n'intervient pas dans l'action de supporter un fardeau, mais, à l'encontre de Duchenne, il

pense que ce muscle contribue à maintenir l'omoplate appliquée contre le thorax. Il croit enfin que les faisceaux moyens peuvent être expirateurs et les autres inspirateurs. Ainsi les opinions des auteurs varient considérablement sur l'action des diverses parties du muscle.

L'analyse et la figuration des forces que représentent les divers faisceaux du grand dentelé permettent de se faire au milieu de ces avis opposés une opinion raisonnée sur l'action principale du muscle, ainsi que sur ces diverses actions secondaires (fig. 19).

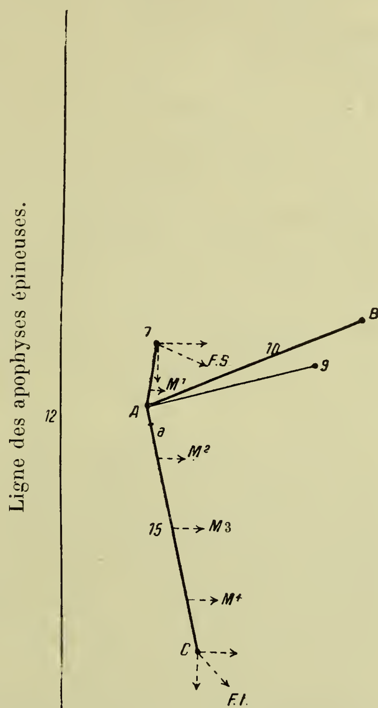


Fig. 19. — *Forces et actions du grand dentelé.*

F.S. Faisceaux supérieurs = résultante oblique en bas et en dehors, décomposable en une horizontale externe et une verticale inférieure sensiblement égales.

F.M. 1.2.3.4. Faisceaux moyens, direction horizontale externe.

F.I. Faisceaux inférieurs = résultante oblique en bas et en dehors, décomposable en une horizontale externe et une verticale inférieure sensiblement égales.

Tout d'abord il paraît certain, malgré l'opinion contraire de Duchenne, que tous les faisceaux du muscle étant obliques d'arrière en avant, tendent à rapprocher le bord spinal du thorax et à le maintenir appliqué contre la paroi costale, et de fait la paralysie du grand dentelé produit un écart considérable du bord spinal en arrière et la déformation caractéristique en « aile d'ange » (scapula alata).

D'autre part, dans l'attitude normale de l'épaule, les faisceaux supérieurs du grand dentelé constituent une force transversale appliquée à l'angle supérieur et dirigée en dehors, avec une légère obliquité en bas. Les faisceaux moyens représentent des forces horizontales dirigées en dehors et appliquées au bord spinal dans toute sa hauteur.

Enfin les faisceaux inférieurs peuvent être figurés par une seule force oblique en bas et en dehors et appliquée à l'angle inférieur.

En tenant compte de la longueur et du volume des faisceaux musculaires on peut aussi assez exactement mesurer l'intensité de la force représentée par chacun d'eux.

Ainsi en prenant pour unité la force d'un faisceau moyen, la force des faisceaux supérieurs peut être évaluée à deux unités. Pour les faisceaux inférieurs, en raison de leur nombre, de leur longueur et de leur épaisseur, ils peuvent être évalués à huit unités.

La force légèrement oblique des *faisceaux supérieurs* peut être décomposée en une horizontale antérieure externe et une verticale descendante : cette dernière deux fois moins grande.

La force très oblique des *faisceaux inférieurs* est aussi décomposable en une force horizontale antérieure externe, et une force verticale descendante, un peu plus grande. Ainsi le dentelé donne deux forces verticales descendantes égales environ au quart de son action et de nombreuses forces horizontales externes qui représentent les trois autres quarts de son action. Ces forces horizontales sont appliquées aux diverses hauteurs du bord spinal mais avec une prédominance marquée à l'angle inférieur. Si l'omoplate était libre de toute autre attache, le grand dentelé par ses forces horizontales additionnées (puisque toutes de même sens) attireraient le bord spinal tout entier en dehors, cette traction s'exerçant un peu plus énergiquement à l'angle inférieur. Par ses deux forces verticales descendantes, il abaisserait l'os tout entier; mais l'omoplate, fixée par son angle externe à la clavicule, est d'autre part normalement retenue en haut et en arrière par l'angulaire, et par les faisceaux moyens du trapèze qui agissent en même temps que le dentelé. Dans ces conditions, les forces horizontales des faisceaux supérieurs et des deux premiers faisceaux moyens du grand dentelé, et les forces verticales du muscle tout entier (faisceaux supérieurs et faisceaux inférieurs) doivent servir à faire équilibre aux actions inverses des faisceaux moyens du trapèze. Ainsi est obtenu

le point fixe, sur lequel se fait la rotation de l'omoplate,

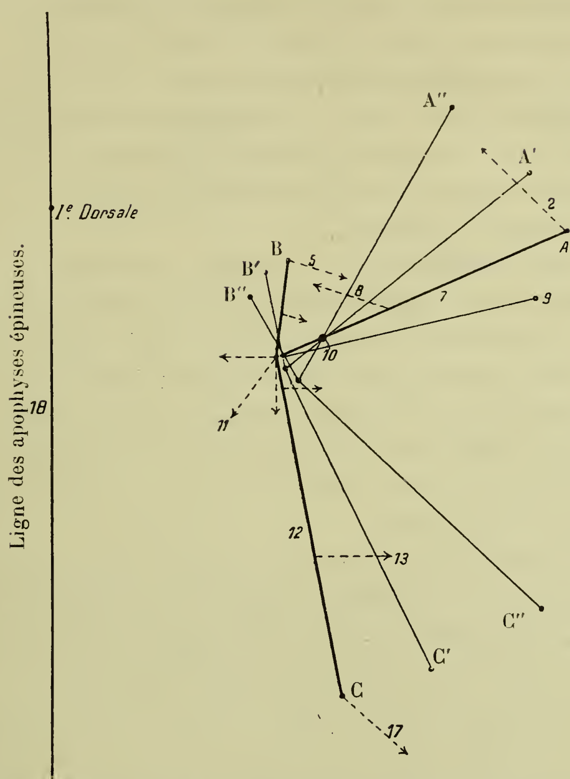


Fig. 20. — *Forces et actions combinées du trapèze et du grand dentelé. Mouvement de rotation frontale de l'omoplate.*

A, angle externe;	A, attitude normale;	A', bras horizontal;	A'', bras élevé.
B, angle interne;	B, —	; B', —	; B'', — .
C, angle inférieur;	C, —	; C', —	; C'', — .

2, faisceaux claviculaires et acromiens du trapèze; 5, faisceau supérieur du grand dentelé; 7, épine; 8, faisceau épineux du trapèze; 9, glénoïde (attitude normale); 10, point fixe où se neutralisent les forces opposées des faisceaux supérieurs du grand dentelé et des faisceaux moyens du trapèze; 11, faisceaux inférieurs du trapèze; 12, bord spinal; 13, 3e et 4e faisceaux moyens du grand dentelé; 17, faisceaux inférieurs du grand dentelé.

1° Les forces des faisceaux supérieurs et des deux premiers faisceaux moyens du grand dentelé d'une part, les forces des faisceaux épineux et la composante interne des faisceaux inférieurs du trapèze d'autre part se neutralisent et s'équilibrent en un point X situé sur l'axe de l'omoplate, près de l'origine de l'épine sur le bord spinal.

2° La force ascendante interne des faisceaux claviculaires et acromiens du trapèze, la force descendante des faisceaux inférieurs du trapèze et la force oblique interne des faisceaux inférieurs et des 3e et 4e faisceaux moyens du grand dentelé s'additionnent pour faire pivoter l'omoplate sur le point X.

point qui est toujours situé au niveau de l'épine à quelques centimètres du bord spinal.

Seules les forces horizontales internes des deux derniers faisceaux moyens et celle des faisceaux inférieurs qui peuvent être évaluées ensemble au tiers de l'action du muscle restent donc libres d'agir suivant leur direction (le rhomboïde, muscle réellement antagoniste du grand dentelé pour les mouvements de l'épaule ne se contracte pas en même temps que lui, mais au contraire se laisse largement distendre par lui comme on peut le constater aisément).

Les forces horizontales de la partie inférieure du muscle agissent donc sur l'angle inférieur qu'elles attirent en dehors comme la force d'un levier coudé du premier genre, s'ajoutant directement à l'action des faisceaux inférieurs du trapèze et indirectement à celle des faisceaux supérieurs de ce muscle, pour imprimer à l'omoplate un mouvement de rotation autour de son point fixe, rotation qui a pour effet l'élévation du moignon de l'épaule.

Le grand dentelé est donc au total un élévateur de l'épaule au même titre, et de la même manière que le trapèze auquel cependant il paraît à première vue opposé en raison de ses attaches et de sa direction (fig. 20). Seuls les faisceaux moyens des deux muscles s'opposent dans leurs actions pour produire le point d'appui du levier, le point mort du mouvement : les autres faisceaux, fixés aux extrémités du levier coudé que forme l'omoplate, concordent absolument dans leurs actions; et c'est pourquoi les deux muscles peuvent se contracter simultanément sans qu'il y ait dépense inutile de force, ce qui d'ailleurs serait contraire aux lois générales de l'économie. Mais il faut dire, et cela n'est pas accepté par tous, que le trapèze est de beaucoup le plus puissant, le plus actif des deux muscles dans l'élévation de l'épaule, le grand dentelé dépense en effet les deux tiers au moins de sa force à équilibrer l'omoplate, et seulement un tiers ou un quart de son action pour élever le moignon de l'épaule. Pour le trapèze, au contraire, ce sont les proportions inverses qui sont exactes, puisque seuls les faisceaux moyens sont occupés à la fixation du point mort et que les trois autres parties du muscle produisent du mouvement. Quant à l'action de supporter un fardeau, et à la part qu'y prend chacun de ces deux muscles,

il semble bien que la vérité se trouve entre les affirmations contraires et trop exclusives de Bichat et Cruveilhier d'un côté, de Duchenne et de Sappey de l'autre. Pour supporter un fardeau avec l'épaule ce n'est pas trop du trapèze et du grand dentelé agissant synergiquement et dans le même sens. Sans doute comme je l'ai déjà dit, le trapèze par son effort plus direct au sommet de la ceinture, par ses très nombreux faisceaux paraît avoir le rôle principal, mais le grand dentelé aussi est nécessaire pour assurer l'équilibre vers l'angle interne et pour retenir l'angle inférieur que le poids du fardeau tend à repousser en arrière et en haut.

Comment accepter aussi cette affirmation de Duchenne et de Sappey que le grand dentelé peut élever en masse l'omoplate et la porter en dehors après lui avoir imprimé son mouvement de rotation? Les forces verticales du dentelé ont une direction descendante, il est impossible qu'elles élèvent l'omoplate; sans doute par suite de la rotation de cet os, les faisceaux supérieurs deviennent horizontaux, ou même peut-être légèrement obliques en bas, mais la puissante force descendante des faisceaux inférieurs demeure et s'oppose à tout mouvement d'élévation. Par contre on comprend aisément que le grand dentelé attire en dehors l'omoplate tout entière, puisque toutes ses forces horizontales sont externes.

Dans la respiration, l'action du grand dentelé doit être réservée aux grands efforts respiratoires et aux cas pathologiques. En tous cas elle ne peut être qu'inspiratrice. Le grand dentelé ne peut agir en effet sur le thorax que lorsque le rhomboïde a fixé en haut et en arrière le bord spinal du scapulum, tous les faisceaux du muscle ont alors une direction plus oblique, et les faisceaux moyens eux-mêmes représentent des forces qui donnent une verticale appréciable. Toutes les verticales appliquées à la paroi costale sont ascendantes et tendent par suite à élever et à agrandir le thorax. Il est donc impossible d'admettre avec Cruveilhier et Testut, que les faisceaux supérieurs et inférieurs sont seuls inspirateurs, et que les faisceaux moyens sont expirateurs. Ces derniers sont comme les autres nettement inspirateurs. Enfin le grand dentelé en fixant l'omoplate synergiquement

avec les rhomboïdes et le trapèze permet aux muscles scapulaires d'agir sur le bras et de le mobiliser dans toutes les directions.

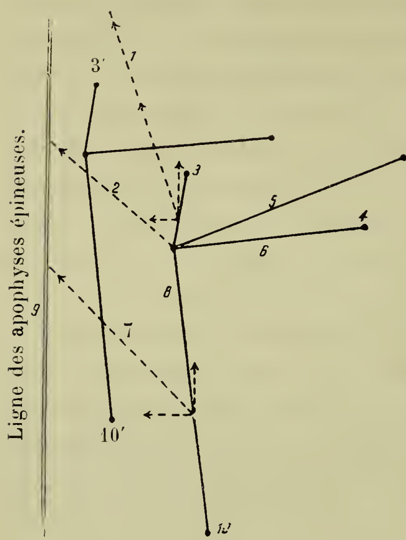


Fig. 21. — *Actions de l'angulaire et des rhomboïdes.*

1, angulaire ; 2, petit rhomboïde ; 3, angle supérieur ; 4, glénoïde ; 5, bord postérieur de l'épine ; 6, ligne d'insertion de l'épine sur la lame principale ; 7, grand rhomboïde ; 8, bord spinal ; 3', 4', 10', situation du scapulum après action des rhomboïdes.

L'*angulaire* constitue une force oblique en haut et en dedans décomposable en une horizontale interne : 1/4 et une verticale ascendante : 3/4.

Le *grand et le petit rhomboïde* constituent chacun une force oblique en haut et en dedans décomposable en une horizontale interne et une verticale ascendante sensiblement égales.

Les actions de ces trois muscles sont concordantes pour élever en masse l'omoplate et la porter en dedans.

Dans le mouvement de rotation de l'omoplate, le grand rhomboïde nettement antagoniste est nécessairement distendu, mais l'angulaire et le petit rhomboïde interviennent pour contribuer à la formation du point fixe de l'omoplate.

Le grand dentelé a donc en résumé pour fonction d'appliquer l'omoplate contre le thorax, de le maintenir en équilibre, de participer au mouvement de rotation de cet os et à l'élévation du moignon de l'épaule. Enfin secondairement il peut avoir sur le thorax une action uniquement inspiratrice.

L'**angulaire** qui descend des quatre premières vertèbres cervicales, vers l'angle supérieur de l'omoplate, a toutes ses fibres sensiblement parallèles et dirigées obliquement en dehors et surtout en bas. Leur point fixe est toujours sur l'axe vertébral. Leur résultante appliquée à l'angle interne de l'omoplate a donc une direction oblique en haut et en dedans. Elle peut être décomposée en une force horizontale interne et une force verticale ascendante notablement plus longue (fig. 21).

L'action de l'angulaire est simple en raison de la direction parallèle de toutes ses fibres : il tend à élever l'omoplate en haut et en arrière ; mais son intervention est difficile à cons-

tater comme celle des rhomboïdes par suite de leur situation cachée sous le trapèze et son effet utile ne paraît pas aussi évident qu'il semblerait au premier abord. Au repos, dans l'attitude normale de l'épaule, l'angulaire doit agir par sa tonicité, à la manière d'un ligament, pour aider à l'équilibre de l'omoplate; dans l'élévation de l'épaule sous l'action du trapèze et du grand dentelé, la contraction modérée de l'angulaire peut, si elle se produit à ce moment, ce qui n'est pas certain, avoir pour effet de modérer l'abaissement de l'angle interne et de contribuer, avec les faisceaux moyens du trapèze et la moitié supérieure du dentelé, à produire le point fixe de la rotation de l'omoplate. Enfin la contraction énergique de l'angulaire jointe à celle du romboïde et des faisceaux supérieurs et moyens du trapèze a pour effet de produire, tandis que se relâchent le grand dentelé et les faisceaux inférieurs du trapèze, l'élévation en masse et le mouvement en arrière des épaules.

Les **rhomboïdes** forment une lame musculaire qui s'étend des dernières vertèbres cervicales et des quatre premières dorsales à la partie sous-épineuse du bord spinal de l'omoplate.

La partie supérieure de cette lame attachée au niveau même de l'épine et séparée du reste du muscle par un interstice celluleux est appelée petit rhomboïde, tandis que le reste du muscle est appelé grand rhomboïde.

Toutes les fibres du muscle ont la même direction qui est oblique en bas et en dehors ; leur point fixe est toujours à l'axe vertébral. La résultante de leurs forces s'attache donc au bord spinal de l'omoplate, au milieu de sa portion sous-épineuse avec une direction oblique en haut et en dedans. Elle peut être décomposée en une force horizontale interne et une verticale ascendante à peu près de même valeur; l'interstice celluleux qui sépare les deux parties du muscle semble témoigner qu'elles ne se contractent pas toujours simultanément; il est probable en effet que le petit rhomboïde a souvent l'occasion d'agir seul, car il peut participer à presque tous les mouvements de l'épaule, même à ceux auxquels ne peut concourir le grand rhomboïde; la résultante de

ce petit muscle s'attache au bord spinal au niveau même de l'épine avec une direction identique à celle du muscle tout entier.

Leur action est relativement simple en raison de la direction parallèle de toutes leurs fibres. Il est évident, et c'est l'avis de tous, que les rhomboïdes attirent en haut, en dedans et en avant le bord spinal de l'omoplate; mais quel est le résultat utile de cette action?

Tout d'abord en attirant le bord spinal en avant, les rhomboïdes aident le grand dentelé à maintenir ce bord appliqué contre le thorax et, de fait, leur atrophie est suivie d'une saillie plus marquée du bord spinal.

En revanche, dans l'élévation en masse de l'omoplate, les rhomboïdes sont antagonistes du grand dentelé.

Pour le mouvement de rotation de l'omoplate, il faut distinguer l'action du petit et du grand rhomboïde; le petit peut avoir dans ce mouvement une action analogue à celle de l'angulaire et des faisceaux moyens du trapèze; il peut s'opposer à la partie supérieure et moyenne du grand dentelé pour retenir la partie interne et fixer le point mort de la rotation. Le grand rhomboïde ne participe certainement pas à ce mouvement : son intervention serait opposée à celle du trapèze et des faisceaux inférieurs du grand dentelé et gênerait l'élévation du moignon. Ce muscle se laisse donc distendre et s'allonge même de moitié sous la traction de l'angle inférieur de l'omoplate. Cependant, comme ligament et d'une manière passive, le grand rhomboïde a pour effet de limiter, de modérer cet écartement de l'angle inférieur.

L'élévation en masse de l'épaule et son déplacement en arrière exigent l'intervention des deux rhomboïdes dont l'action n'est plus contrariée par celle du grand dentelé, mais secondée par celle des faisceaux supérieurs et moyens du trapèze ainsi que par l'angulaire.

Dans les grands mouvements respiratoires les rhomboïdes comme l'angulaire attirent le bord spinal en arrière et en haut, et permettent au grand dentelé d'exercer une action inspiratrice. C'est pourquoi Duchenne considère le rhomboïde et le grand dentelé comme un même muscle inspirateur;

conception d'ailleurs légitimée par l'anatomie comparée qui montre que le rhomboïde et le grand dentelé forment chez beaucoup de mammifères un muscle unique et non interrompu.

Enfin le rhomboïde et l'angulaire en fixant le bord spinal de l'omoplate, en le retenant en haut et en arrière permettent aux muscles scapulaires (sous-scapulaire, sus- et sous-épineux, grands et petits ronds) d'agir sur l'humérus pour les mouvements du bras.

Le **petit pectoral** (fig. 22) rattache l'angle externe de l'omoplate, le sommet de l'angle omo-claviculaire de la ceinture, à la partie antérieure et supérieure du thorax. Formé de trois faisceaux provenant des troisième, quatrième et cinquième côtes, il se fixe par un tendon étroit au bec de la coracoïde. Sa direction est oblique, de bas en haut, de dedans en dehors, et très faiblement d'avant en arrière. Dans les mouvements de l'épaule, son point fixe est au thorax; la résultante de ses forces est alors attachée à la coracoïde avec une direction oblique en bas et en dedans. Cette résultante est décomposable en une force interne parallèle à la clavicule, et une force descendante qui lui est perpendiculaire; ces deux forces sont sensiblement égales.

Dans la respiration le petit pectoral, en prenant son point fixe sur l'épaule préalablement fixée, représente une force appliquée au thorax au niveau de l'extrémité antérieure de la quatrième côte, avec une direction ascendante oblique externe.

A première vue l'action du petit pectoral semble des plus simple et avoir pour effet d'attirer la coracoïde et avec elle le moignon de l'épaule, en bas, en avant et en dedans; mais à un examen plus attentif, le mouvement qui serait ainsi produit par ce muscle paraît bien complexe en raison du mode de suspension de l'omoplate, et son effet utile bien difficile à expliquer. Cependant c'est ce rôle exclusif d'abaisseur de l'épaule que la plupart des auteurs attribuent au petit pectoral.

Winslow dit que le petit pectoral est comme le rhomboïde un modérateur de l'action du trapèze et du grand dentelé; de

plus, après l'élévation de l'épaule par ces deux muscles, il contribuerait à remettre l'omoplate à son attitude ordinaire; enfin Winslow déclare que ce muscle ne peut avoir aucune action inspiratrice même accessoire.

Pour Bichat, « le petit pectoral porte en devant et en bas le moignon de l'épaule », il agit aussi comme inspirateur auxiliaire, après fixation de l'épaule lorsque la respiration est gênée.

Duchenne ne s'occupe pas de l'action du petit pectoral sur l'épaule ; il dit seulement qu'il a pu sur un sujet dont le grand pectoral était atrophié sentir le petit pectoral se gonfler pendant l'inspiration.

Cruveilhier fait de ce muscle un abaisseur de l'épaule et un élévateur des côtes.

Pour Sappey, et aussi pour Testut, le petit pectoral « rapproche l'omoplate de la paroi thoracique et lui imprime un mouvement de rotation qui abaisse l'angle antérieur, et porte l'angle inférieur en haut et en arrière. »

Poirier dit que le petit pectoral en prenant son point fixe sur les côtes imprime à l'omoplate : 1° un mouvement en masse en avant et en dehors; 2° un mouvement de bascule qui porte en bas et en avant le moignon de l'épaule, tandis que l'angle inférieur se porte en haut et en arrière; en prenant son point fixe sur l'omoplate il devient inspirateur.

Enfin pour Merkel le petit pectoral tire la coracoïde en bas, en avant et en dedans, abaissant ainsi toute l'épaule. Il empêche aussi l'épaule de trop reculer dans les mouvements où elle serait avec le bras portée trop en arrière.

Donc comme action principale : abaissement du moignon de l'épaule, mouvement dans lequel se produit une rotation de l'omoplate qni porte l'angle inférieur de cet os en haut et en dedans.

Secondairement, élévation du thorax et participation aux grands efforts d'inspiration : telles sont les actions généralement reconnues au petit pectoral.

Or si l'action secondaire de ce muscle comme inspirateur auxiliaire a son utilité évidente et se comprend aisément, il n'en est pas de même de l'action principale qui aurait pour

effet d'abaisser l'épaule et d'élever l'angle inférieur de l'omoplate. Il est exceptionnel en effet que l'épaule ait besoin d'être abaissée car le poids du membre supérieur suffit à produire ce mouvement lorsque cessent d'agir les muscles élévateurs. Et c'est pourquoi Winslow dit que le petit pectoral n'intervient pour abaisser l'épaule que dans le décubitus horizontal; mais il est bien difficile d'admettre que l'action principale du petit pectoral ait aussi rarement à s'exercer.

Le mouvement de l'épaule en avant et en dedans n'explique pas non plus suffisamment l'action de ce muscle ; ce mouvement est en effet surtout produit par le grand pectoral auprès duquel en raison de son volume et surtout de sa direction, le petit pectoral ne peut avoir qu'une action minime ; ainsi le petit pectoral ne semble guère efficacement participer à aucun mouvement de l'épaule. Quelle est donc sa fonction ? C'est surtout celle d'un ligament puissant, tonique, élastique et contractile, qui fixe le sommet de l'angle omo-claviculaire à la partie supéro-externe du thorax. Au repos, par sa tonicité, le petit pectoral comme les rhomboïdes fait équilibre à la tonicité du trapèze et du grand dentelé qui en soutenant l'épaule tendent à faire basculer l'omoplate. Dans les mouvements, c'est un modérateur qui limite et permet dans une certaine mesure l'élévation de l'épaule et son déplacement en arrière. Enfin il contribue à maintenir la clavicule appliquée contre le sternum et son intervention dans ce sens doit être particulièrement énergique lorsque le corps est suspendu par les bras ainsi que dans le mouvement des bras croisés derrière le dos ou sous la tête.

Le petit pectoral joue donc dans la mécanique de la ceinture le rôle d'un ligament costo-scapulaire antérieur agissant surtout comme ligament d'arrêt, comme modérateur plutôt que comme muscle producteur de mouvements.

Par contre dans la respiration le petit pectoral paraît entrer en jeu d'une manière active en élevant les côtes, soit par son énergie propre, soit par la force des élévateurs de l'épaule qui lui est transmise à son insertion supérieure.

Le **sous-clavier** (fig. 22) est comme on sait un petit muscle grêle, très allongé, disposé obliquement sous la clavicule

dont il suit la direction et à laquelle il adhère sur les quatre cinquièmes de son étendue. Son insertion supérieure occupe en effet toute la portion moyenne de la face inférieure de la clavicule, depuis les ligaments coraco-claviculaires avec

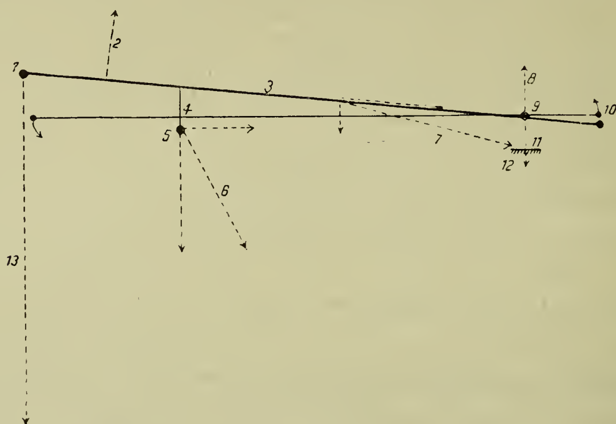


Fig. 22. — *Actions du petit pectoral, du sous-clavier et du cléido-mastoïdien. Mécanisme des mouvements de la clavicule.*

1, articulation acromio-claviculaire; 2, faisceau claviculaire du trapèze; 3, clavicule; 4, ligament coraco-claviculaire; 5, coracoïde; 6, petit pectoral; 7, sous-clavier; 8, cléido-mastoïdien; 9, point fixe; 1,0 articulation sterno-claviculaire; 11, ligament costo-claviculaire; 12, 1re côte; 13, poids du membre supérieur.

Le *petit pectoral* constitue une force oblique en bas et en dedans appliquée à la coracoïde et transmise à la clavicule par les ligaments coraco-claviculaires : force décomposable en une force horizontale interne = 1/3 et une force verticale inférieure = 2/3.

Le *sous-clavier* constitue une force appliquée à la clavicule et décomposable en une force horizontale = 5/6 et une verticale descendante = 1/6.

Le *cléido-mastoïdien* constitue une force ascendante appliquée à la clavicule au-dessus du ligament costo-claviculaire qui neutralisée par ce ligament contribue à former le point fixe de la clavicule.

Le *trapèze* fait équilibre au poids du bras.

lesquels ses fibres les plus externes se fusionnent jusqu'au voisinage immédiat du ligament costo-claviculaire. Son insertion inférieure est au contraire très étroite et se fait par un tendon qui s'attache sur la première côte et le premier cartilage costal immédiatement à côté du ligament costo-claviculaire avec lequel il se confond en partie. Quelques fibres de son tendon vont même, par un trajet récurrent, se fixer à la clavicule avec l'insertion du ligament. Sa partie musculaire présente des fibres internes très courtes presque verticales (1 ou 2 centimètres), des fibres inférieures très longues

(7 à 8 centimètres), et très proches de l'horizontale, et des fibres moyennes ayant toutes les longueurs et toutes les directions intermédiaires.

L'action du sous-clavier a été peu étudiée, ce muscle étant d'ailleurs considéré par beaucoup d'anatomistes (Gegenbaur, Sabatier, Testut, Poirier) comme un organe atrophié : vestige d'un muscle sterno-costo-claviculaire très développé chez certains animaux (cobayes, taupes, chauves-souris) et dont le petit pectoral et l'aponévrose clavi-pectorale représentent les autres éléments.

Cependant chez l'homme la présence du sous-clavier et sa disposition bien connue sont constantes et ses fonctions à un examen attentif apparaissent comme relativement importantes dans la mécanique de la ceinture. La plupart des auteurs lui reconnaissent d'ailleurs un rôle actif dans les mouvements de l'épaule.

Pour Winslow, « le sous-clavier ne peut servir qu'à ramener en bas la clavicule quand elle aura été élevée en haut ; il peut encore servir à retenir en bas et empêcher de monter en haut la clavicule et l'acromion. »

Pour Bichat et pour Duchenne c'est un inspirateur auxiliaire qui agrandit la poitrine et écarte les côtes, l'épaule étant préalablement fixée. Duchenne appuie son opinion sur l'observation d'un homme atteint d'atrophie du grand pectoral chez lequel il a pu saisir le sous-clavier entre les doigts et l'a senti se gonfler pendant l'inspiration. Bichat ni Duchenne n'envisagent l'action que le sous-clavier peut avoir dans les mouvements de l'épaule.

Sappey ainsi que Cruveilhier considèrent le sous-clavier comme un abaisseur de l'épaule et comme un inspirateur auxiliaire; de plus Sappey dit que ce muscle attire la clavicule en dedans et en bas, et l'applique contre la facette sternale formant ainsi un ligament complémentaire de l'articulation sterno-claviculaire.

Testut écrit seulement que le sous-clavier abaisse la clavicule et avec elle le moignon de l'épaule.

Pour Poirier, le sous-clavier abaisse la clavicule et avec elle le moignon de l'épaule. En prenant son point fixe sur la

ceinture il devient inspirateur : enfin il tend par sa contraction à appliquer la clavicule contre le sternum comme un véritable ligament sterno-claviculaire.

Pour Merkel, le sous-clavier fixe la clavicule et surtout s'oppose à son arrachement sous un fardeau.

La plupart des auteurs attribuent donc au sous-clavier un rôle actif dans l'abaissement de l'épaule.

Pour apprécier l'action de ce muscle qui est difficilement abordable sur le vivant, étant caché sous la clavicule et le grand pectoral, le plus simple est d'analyser au point de vue mécanique les forces qu'il représente (fig. 22). Suivant le point, qui est considéré comme fixe, la résultante de ces forces doit être appliquée à la clavicule ou à la première côte. Il paraît certain que le plus souvent, et du moins pour tous les mouvements de la ceinture, le sous-clavier prend son point fixe sur le thorax ; plus rarement, et seulement dans les grandes inspirations, la clavicule étant retenue en haut par le trapèze, le sous-clavier peut prendre sur elle son point d'appui et agir sur le thorax.

Dans le premier cas, la force appliquée, au milieu de l'insertion claviculaire et dirigée obliquement et surtout en dedans, peut être décomposée en une force à direction interne, parallèle à l'axe de la clavicule et une force descendante, perpendiculaire à cet axe. La première est de beaucoup la plus considérable, quatre fois au moins plus grande, que la seconde. La force parallèle à l'axe a pour effet de maintenir appliquée la clavicule contre le sternum.

La force perpendiculaire tend à abaisser la clavicule ; mais cette force est si faible que son action paraît négligeable en comparaison du poids du membre supérieur qui suffit à abaisser la clavicule lorsque cesse l'action des releveurs de l'épaule.

Il est donc difficile d'admettre que le sous-clavier abaisse la clavicule et avec elle le moignon de l'épaule. A peine peut-il s'ajouter au petit pectoral pour limiter l'élévation de la clavicule. Par contre, il doit contribuer énergiquement à maintenir la clavicule appliquée dans l'encoche sternale, et il emploie à cette action les quatre cinquièmes de sa force. Mais il agit ainsi moins comme un muscle dont la contraction

produit du mouvement que comme un ligament qui renforce les attaches sterno-claviculaires et limite les déplacements de la clavicule, en haut, en dehors et en arrière. Enfin par la fusion de son tendon avec le ligament costo-claviculaire et par ses fibres récurrentes, le sous-clavier intervient dans l'union costo-claviculaire, il renforce le ligament et le tend latéralement, contribuant ainsi à fixer le point axial sur lequel se font les mouvements de la clavicule.

Le **sterno-cléido-mastoïdien** (fig. 22) intéresse la mécanique de la ceinture, par son faisceau claviculaire, dont l'insertion se fait sur le bord supérieur de la clavicule, exactement au-dessus du ligament costo-claviculaire.

Mais le chef cléido-mastoïdien a une action manifeste dans les mouvements de la clavicule. On constate en effet qu'il se durcit et se gonfle dans les mouvements de l'élévation de l'épaule, et certains auteurs (Bichat, Testut) en ont conclu qu'il est élévateur de la clavicule et par suite de l'épaule. Cependant le cléido-mastoïdien ne peut guère élever la clavicule, parce que son point d'attache sur cet os correspond à l'insertion du ligament costo-claviculaire. Sa contraction a précisément pour effet de fixer concurremment avec le ligament costo-claviculaire, le point mort sur lequel la clavicule oscille dans les mouvements de l'épaule. Force ascendante, le muscle oppose la résistance du ligament lequel représente une force descendante appliquée au même point. Et ce point ainsi fixé sert de pivot à la clavicule et à la ceinture tout entière.

Ainsi le cléido-mastoïdien n'est pas un élévateur de la clavicule, mais il a dans la mécanique de la ceinture un rôle important de fixateur qui ne lui avait pas été jusqu'ici reconnu.

Muscles qui agissent indirectement sur la ceinture : grand pectoral et grand dorsal.

Deux muscles rattachent le bras directement au thorax, sans l'intermédiaire du squelette de la ceinture : ce sont le grand pectoral et le grand dorsal. Ces deux muscles ne peuvent agir directement sur la ceinture, mais ils peuvent continuer leur action jusqu'à elle par l'intermédiaire de l'humérus.

Le **grand pectoral**, qui s'étend de la région antérieure du

thorax à la lèvre antérieure de la coluisse bicipitale comprend des faisceaux claviculaires, des faisceaux sternaux et des faisceaux costaux.

La direction des fibres varie avec les faisceaux; mais la résultante totale du muscle est sensiblement transversale.

Le **grand dorsal** remonte de la région lombaire et sacrée vers la coulisse bicipitale en accrochant un de ses faisceaux à l'angle inférieur de l'omoplate. Sa direction moyenne est oblique en haut, en dehors et en avant.

Le grand pectoral et le grand dorsal prennent tous deux habituellement leur point fixe sur le tronc et agissent sur le bras : cependant l'inverse se produit dans certains cas, notamment lorsque le corps est suspendu par les bras.

Ces deux muscles sont tous deux énergiquement adducteurs du bras, ils l'abaissent lorsqu'il est élevé et le maintiennent appliqué contre la paroi latérale du thorax. Ils immobilisent ainsi l'humérus qui peut alors fournir un point fixe aux muscles scapulaires et leur permettre d'agir sur la ceinture. Cette fixation du bras contre le thorax a aussi pour effet de donner à la voûte acromiale un appui sur la tête de l'humérus que le deltoïde maintient relevée contre elle, appui qui est particulièrement utile lorsqu'on soutient un fardeau avec l'épaule. Dans cette action le grand pectoral et le grand dorsal viennent donc en aide au trapèze et au grand dentelé.

Isolément, le bras étant ramené au contact du thorax, le grand pectoral attire l'humérus en avant et en dedans, et avec lui l'épaule tout entière ; il devient ainsi un adducteur antérieur du bras.

Si le grand pectoral agit seul, après avoir abaissé le bras jusqu'au contact du thorax, il l'attire en dedans et en arrière, et la ceinture suit en partie ce mouvement. Duchenne en électrisant isolément le grand dorsal a ainsi obtenu un abaissement marqué de l'omoplate avec un déplacement de trois ou quatre centimètres, en dedans.

Si les deux grands dorsaux droit et gauche agissent simultanément ils rapprochent les omoplates en arrière, abaissent les épaules et maintiennent la rectitude du tronc comme dans l'attitude du soldat sous les armes.

Par contre, le faisceau fixé à l'angle inférieur de l'omoplate entraîne cet angle en dehors et en haut dans l'élévation du bras ; il contribue donc par là, et comme le grand rond, à faire basculer l'omoplate et à élever le moignon de l'épaule pendant que s'élève le bras ; mais c'est là un effet secondaire, passif, un effet de ligament et non de contraction musculaire.

Enfin dans certains cas, les membres supérieurs étant fixés, le grand pectoral et le grand dorsal prennent leur point fixe sur l'humérus et mobilisent le tronc ; c'est ce qui se passe lorsque le corps est suspendu par les bras et dans divers exercices de gymnastique ; mais dans ces mouvements, l'action de ces deux muscles se produit sans intervention du squelette de la ceinture.

Muscles qui relient la ceinture au membre supérieur et agissent sur elle secondairement. — Les muscles qui relient la ceinture au membre supérieur prennent généralement leur point fixe sur l'épaule et ont pour action habituelle, principale, de mobiliser l'humérus sur l'omoplate. Mais secondairement, dans certaines circonstances relativement rares, le bras étant d'abord fixé, ces muscles peuvent prendre leur point fixe sur l'humérus et déplacer sur lui l'omoplate et la clavicule. Ces muscles sont : le deltoïde qui s'attache à la fois aux deux pièces de la ceinture, le sous-scapulaire, le sus- et le sous-épineux, le petit et le grand rond, le biceps, le coraco-brachial et le long triceps qui s'insèrent seulement à l'omoplate.

Le **deltoïde**, dont les insertions supérieures sur la clavicule, l'acromion et l'épine se trouvent exactement situées au-dessous des attaches inféro-externes du trapèze, va se fixer comme on sait un peu au-dessus du milieu de la face antéro-externe de l'humérus ; ses fibres largement étalées en haut semblent pour la plupart continuer la direction des fibres du trapèze et convergent en bas sur un étroit et solide tendon.

Le deltoïde agit habituellement comme la force d'un levier du troisième genre. Il élève le bras en l'écartant du corps, mais le mouvement ainsi produit ne dépasse pas 90°, et ce sont les muscles scapulaires qui par la rotation de l'omoplate permettent d'atteindre l'élévation verticale. Les muscles élé-

vateurs de l'épaule et du bras, dont l'action se coordonne et se complète, agissent d'ailleurs simultanément depuis le commencement jusqu'à la fin de l'élévation du bras.

Secondairement, le bras étant fixé, le deltoïde peut abaisser l'angle acromio-claviculaire et aussi entraîner l'épaule dans les mouvements du bras, en avant ou en arrière. Il intervient ainsi énergiquement dans les exercices de gymnastique et de suspension sur les bras.

Enfin, dans tous les cas, le deltoïde agit comme un ligament puissant qui rattache le membre supérieur à la ceinture et lui transmet les actions extérieures qui s'exercent sur lui.

Le **sous-scapulaire**, qui occupe toute la face antérieure de l'omoplate, et qui va d'autre part s'attacher à la tête humérale, est dans son ensemble dirigé obliquement en haut, en dehors et en avant.

Son action principale est de produire un mouvement de rotation antéro-interne du bras ; mais en prenant son point fixe sur l'humérus immobilisé, il contribue à soutenir l'épaule et à maintenir l'omoplate appliquée contre le thorax.

Le **sus-épineux** qui remplit la fosse sus-épineuse et vient se fixer à la grosse tubérosité humérale a une direction transversale et un peu oblique en dehors et en haut. Il élève le bras et produit une légère rotation en arrière. Mais en prenant son point fixe sur l'humérus, il tend à élever et à porter en dehors l'angle supéro-interne de l'omoplate, provoquant un mouvement de rotation qui rapproche le bord spinal de la ligne médiane, et l'élève à la manière du rhomboïde. Ce mouvement peut servir à l'élévation en masse de l'épaule et pour l'action de soutenir un fardeau ; il peut aussi contribuer à fournir un point fixe scapulaire au grand dentelé, lorsque celui-ci agit comme inspirateur auxiliaire.

Le **sous-épineux**, qui occupe la fosse sous-épineuse, comprend trois faisceaux convergeant sur un tendon inséré à la grosse tubérosité humérale.

Sa direction moyenne est oblique en haut, en dehors et en avant.

Son action principale est d'attirer la tête humérale en bas, en arrière et en dedans et par suite d'écarter le bras du thorax et de le tourner en dehors.

Secondairement, quand il prend son point fixe sur la tête humérale, il produit sur le scapulum un mouvement de rotation portant l'angle inférieur en haut et en dehors de la même manière que les faisceaux inférieurs du grand dentelé. A première vue, dans cette action, il paraît antagoniste du sus-épineux; cependant comme en l'espèce il ne s'agit pas d'élever le moignon de l'épaule, puisque le bras est fixé, mais seulement de soutenir l'épaule, par exemple sous le poids d'un fardeau, la rotation ne se produit pas, et les actions des deux muscles peuvent concorder pour retenir et fixer l'omoplate. Il en est de même dans l'élévation en masse de l'épaule, et aussi dans les grands efforts d'inspiration où il intervient pour aider à la fixation du scapulum sur lequel le grand dentelé prend alors son point d'appui.

Le **petit rond**, qui paraît être un faisceau externe du sous-épineux, a une action très analogue à celle de ce muscle, aussi bien pour mobiliser le bras, que pour agir sur le scapulum.

Le **grand rond**, qui s'étend de l'angle inférieur de l'omoplate à la coulisse bicipitale, est obliquement dirigé en dehors, en haut et un peu en avant, parallèlement au faisceau supérieur du grand dorsal. Le grand rond et le grand dorsal sont d'ailleurs considérés généralement comme formant un même système musculaire.

L'action habituelle du grand rond, analogue à celle du grand dorsal, est d'abaisser le bras, de le rapprocher du corps, et de le porter en dedans et en arrière.

Secondairement, en prenant son point fixe sur l'humérus immobilisé, le grand rond attire l'angle inférieur de l'omoplate en dehors, en avant et en haut, aidant ainsi à l'action du grand dentelé et du trapèze, non pour élever l'épaule, mais pour lui permettre de supporter un poids lourd.

D'autre part, dans le mouvement d'élévation du bras, le grand rond agit comme un ligament entraînant l'angle inférieur de l'omoplate dont la rotation pourrait ainsi se produire passivement, sans l'intervention du grand dentelé et du trapèze. C'est d'ailleurs ce que l'on constate sur les sujets dont on élève passivement le bras jusqu'à la verticale; l'omoplate

suit le mouvement du bras et commence à se déplacer presque immédiatement. En plus de son rôle actif, le grand rond constitue donc avec le faisceau scapulaire du grand dorsal un ligament scapulo-huméral puissant qui seul limite l'écart du bras en dehors du bord axillaire ; ce rôle du grand rond qui n'avait pas été signalé a une réelle importance physiologique : d'abord parce qu'il aide à la rotation frontale de l'omoplate, puis et surtout parce qu'il empêche la tête humérale de se luxer en bas sous la glenoïde, lorsque le bras atteint la verticale haute.

Trois muscles du bras, le *biceps*, le *coraco-brachial et le long triceps* intéressent encore la mécanique de la ceinture parce qu'ils prennent sur elle leurs insertions supérieures et peuvent l'actionner secondairement lorsque le membre supérieur est fixé. En outre, ils constituent des ligaments actifs qui aident à maintenir en contact les surfaces articulaires du scapulum et de l'humérus.

On sait les insertions de ces muscles qui tous s'attachent à l'angle externe de l'omoplate autour de l'articulation de l'épaule. Ils ont aussi tous à peu près la même direction et agissent secondairement sur l'omoplate d'une manière identique.

Ils attirent en bas son angle externe et tendent à faire basculer cet os en sens inverse de sa rotation habituelle, comme le petit pectoral, le sus-épineux et les rhomboïdes. Normalement ces muscles ne semblent avoir sur la ceinture d'autre effet utile que de limiter la rotation scapulaire ; mais ils contribuent aussi à fixer l'omoplate quand le grand dentelé remplit son rôle d'inspirateur auxiliaire.

Enfin lorsque le corps est suspendu par les bras, et notamment dans l'action de grimper, le biceps, le coraco-brachial et le triceps agissent directement sur la ceinture, élèvent l'épaule et prennent une part importante au soutien et à l'élévation du corps.

Étude des mouvements de la ceinture.

L'étude mécanique de la ceinture scapulaire est particulièrement difficile en raison d'abord de la constitution de son

squelette, dont les deux pièces de formes très spéciales sont disposées dans des plans très différents ; en raison aussi de ses attaches, de sa suspension au sommet du thorax avec lequel elle ne présente qu'un seul point de jonction à peu près fixe ; en raison enfin de ses déplacements très variés et très complexes dans les divers mouvements de l'épaule et du bras.

Cette étude d'ailleurs n'a été abordée que par un tout petit nombre d'auteurs. Et même, on ne trouve nulle part une analyse complète et raisonnée des mouvements de l'épaule. La plupart des anatomistes se sont contentés dans leurs traités de donner un rapide aperçu de ces mouvements, distinguant de façon sommaire les mouvements en totalité ou en masse qui portent l'épaule en haut, en avant ou en arrière, et les mouvements propres de l'omoplate, mouvements dits de rotation ou de sonnette, qui se produisent pendant l'élévation et l'abduction du bras.

Winslow et Bichat ont chacun consacré quelques paragraphes aux fonctions probables et aux mouvements apparents de la clavicule et de l'omoplate, ainsi qu'aux mouvements d'ensemble de la ceinture : mais ils n'ont précisé ni l'un ni l'autre le mécanisme de ces divers mouvements, ni le rôle particulier de chaque os et de chaque articulation.

Duchenne a plus longuement observé l'action des divers muscles de l'épaule et donné sur les mouvements qu'ils produisent des avis très documentés dont la plupart sont encore acceptés sans discussion. Cependant si les observations pathologiques et électro-physiologiques de cet éminent auteur demeurent incontestables, il faut reconnaître que certaines des conclusions qu'il en a tirées sur le mécanisme des mouvements de l'épaule ne sont pas absolument exactes. C'est ainsi, par exemple, qu'il a cru constater que l'abduction du bras produite par le deltoïde était limitée à l'horizontale et constituait à elle seule le premier temps de l'élévation du membre supérieur. Or la radiographie montre que cette donnée acceptée encore aujourd'hui par la plupart des auteurs est tout à fait inexacte; et ceci est une nouvelle preuve que l'expérimentation physiologique se distingue

toujours par plus d'un point des réalités de la vie. L'électrisation localisée des muscles ne reproduit qu'incomplètement et parfois même inexactement les conditions et les effets de leur contraction normale (1).

D'autre part, Duchenne étudiant surtout l'action isolée des muscles n'a pas, à proprement parler, fait l'analyse des divers mouvements de l'épaule et n'a pas recherché la part qui revient dans ces mouvements à chaque pièce de la ceinture et à chacune de ses articulations.

Cruveilhier, Sappey, Testut, Poirier ont pour les mouvements de l'épaule sensiblement reproduit les données fournies par Winslow, par Bichat et surtout par Duchenne. Et c'est pourquoi en France la question en est à peu près restée au point où l'avait laissée le grand physiologiste de Boulogne. Cependant l'étude que Poirier a consacrée à la clavicule et à ses articulations a mis en lumière certains points importants de la mécanique de la ceinture, notamment le rôle des articulations sternale et acromiale, et celui des ligaments coracoïdiens.

En Allemagne l'étude des mouvements de l'épaule, qui en était aussi longtemps restée aux enseignements de Duchenne, a depuis un quart de siècle considérablement progressé, et a été le sujet de nombreux et intéressants travaux. Ce sont les mémoires de Fik et Weber, de Henke, de Bernhardt, de Lewinsky, de Merkel sur les actions des muscles de l'épaule, les travaux d'Albert, de Budinger, de Kron, de Braun et Fischer, de Mollier et surtout ceux de Gaupp (1894) et Steinhausen (1899) sur le mécanisme des mouvements de la ceinture.

En Angleterre, Mooris, et, en Belgique, Wilmart ont aussi consacré des mémoires intéressants aux mouvements de l'omoplate.

Dans chacun de ces travaux étrangers, certains points de la mécanique de la ceinture ont été envisagés et discutés de manière spéciale — je les signalerai au fur et à mesure

(1) D'autre part, l'électrisation dite localisée, entraîne souvent avec cette contraction du muscle excité celle d'un ou plusieurs muscles voisins, ce qui peut porter à certaines erreurs d'interprétation.

qu'ils se présenteront à nous; — mais dans aucun d'eux ne se trouvent l'analyse complète, ni l'étude d'ensemble des mouvements de l'épaule.

Il restait donc sur ce point dans la littérature une lacune à combler.

Moyens d'étude. — La lecture des travaux antérieurement parus montrait la nécessité d'une base précise pour cette étude des mouvements de l'épaule et la difficulté qu'il y avait à la trouver.

L'examen des *mouvements passifs à l'amphithéâtre*, et celui des déplacements qu'ils entraînent pour chaque pièce du squelette, est un premier moyen d'étude très fructueux et dès longtemps d'ailleurs employé par les anatomistes. Mais pour que cette observation du cadavre puisse fournir à l'étude mécanique des données exactes, il est nécessaire qu'elle soit précisée par des mesures d'angle ou de longueur (angles omo-claviculaires, huméro-axillaire, écart du bord spinal, élévation de la clavicule). Quelques-unes de ces mesures utiles ont été relevées par plusieurs auteurs, notamment celles concernant l'abduction du bras (Testut, Poirier, Meyer, Albert, Fik et Weber, Braun et Fisher) ; mais beaucoup d'autres concernant la clavicule et l'omoplate et nécessaires à la figuration de leurs mouvements ont été omises.

Je me suis donc attaché à les relever sur plusieurs sujets le plus exactement possible, mais il faut dire que ces mesures sont particulièrement difficiles à prendre sur la table de dissection. Au reste, même aussi parfaite que possible, l'observation du cadavre ne peut donner qu'une idée incomplète et souvent inexacte des mouvements actifs et même passifs observés sur le sujet vivant.

Un deuxième et rationnel moyen d'étude est donc d'observer *sur le vivant les mouvements actifs et passifs.* Il est vrai que pour l'épaule, le squelette est en grande partie voilé par les tissus mous, par les muscles contractés et d'autre part les mouvements apparaissent si complexes qu'il est malaisé de les distinguer, de les analyser dans leurs détails. Mais ces difficultés ne sont pas insurmontables.

En procédant avec méthode, en décomposant les mouve-

ments en leurs temps principaux, en passant d'une attitude à l'autre, on peut apprécier le mécanisme de ces mouvements et la part qu'y prend chaque élément du squelette, chaque articulation et souvent même chaque muscle. Poirier dans son étude des mouvements de la clavicule a préconisé et utilisé cette observation du vivant déjà employée par Winslow et par Bichat; les auteurs allemands ont aussi pour la plupart étudié plus ou moins complètement les mouvements sur le vivant. Steinhausen en particulier a porté ses observations sur un très grand nombre de sujets (une centaine de soldats). Mais, comme pour l'étude du cadavre, l'observation du sujet vivant, pour être précise, doit être fixée par des mesures d'angle ou de longueur relevées dans les divers temps des mouvements; or les auteurs sont peu nombreux qui ont recueilli sur ce sujet des mesures précises et celles qui ont été relevées n'intéressent que l'abduction du bras et l'élévation de la clavicule.

Le relevé de ces mesures est facilité par certaines saillies du squelette, par certains points toujours accessibles : le bord spinal de l'omoplate, l'épine, l'acromion, le bord antérieur de la clavicule, qui permettent de reconstituer le reste du squelette et de suivre le déplacement de ses diverses parties, dans les divers mouvements. Je me suis donc attaché à relever avec l'aide de MM. Grandineau et Bousrez, suivant une méthode uniforme et sur plus de trente sujets hommes, femmes et enfants, toutes les mesures nécessaires pour préciser chez eux les mouvements de la ceinture.

J'ai ainsi recueilli une série d'observations physiologiques ou mécaniques aussi précises que possible, et qui ont servi de base principale à cette étude. Toutes ces observations sont identiques dans leur ensemble; elles témoignent que le mécanisme des mouvements de l'épaule est constant, mais avec certaines variations d'amplitude d'un sujet à l'autre. Il n'y a aucune différence notable entre les observations d'hommes, de femmes ou d'enfants. On trouvera à la fin de ce travail quelques-unes de ces observations avec la méthode suivant laquelle elles ont été prises. Le lecteur pourra s'y reporter au cours de l'exposé des divers mouvements de la ceinture.

D'autre part une de ces observations a pu recevoir le contrôle de la *radiographie*, le sujet s'étant volontiers exposé aux rayons X dans les diverses attitudes qui correspondent aux différents temps des mouvements. Les épreuves radiographiques de ce sujet ont apporté ainsi des renseignements précieux sur certains points encore mal élucidés du mécanisme de la ceinture, notamment les rapports successifs de la coracoïde et de la clavicule dans divers mouvements. Enfin les diverses mesures d'angles prises sur les sujets des observations ont été aussi relevées sur les radiographies et ces mesures réunies en un seul tableau permettent en passant d'un cliché à l'autre de suivre le sens et l'étendue du mouvement dans les divers éléments de la ceinture.

L'*étude des paralysies* des muscles (surtout celles du trapèze et du grand dentelé) est particulièrement intéressante pour l'éclaircissement du mécanisme des mouvements de la ceinture. On sait quel parti Duchenne en a su tirer.

Plus récemment (1892-1894), quelques auteurs allemands (Braun, Büdinger, Kron, Gaupp) ont à l'occasion de paralysies observées par eux sur le territoire du plexus brachial, étudié certains points du mécanisme de l'épaule. J'ai de même observé divers cas de paralysies des muscles de l'épaule et sur un sujet atteint de paralysie partielle du plexus brachial (type d'Erb), j'ai relevé les mesures des divers déplacements de la ceinture et des déformations que la paralysie apportait aux diverses attitudes de l'épaule (obs. VII); et ces diverses mesures ont confirmé en négatif les renseignements fournis par les observations des sujets normaux.

Mouvements de la clavicule.

Dans l'*attitude normale* de l'épaule et du bras, au repos, la clavicule est disposée sur un plan proche de l'horizontale, son extrémité acromiale étant généralement un peu plus élevée que son extrémité sternale, avec des variations individuelles de 0° à 30°; cependant quelquefois, très rarement, l'extrémité externe est légèrement plus basse que l'interne. D'autre part, la clavicule est normalement dirigée de dedans en

dehors et d'avant en arrière, formant avec un plan frontal et vertical tangent à la fourchette sternale un angle de 20° à 30°.

Cette situation normale de la clavicule étant reconnue, il est facile de constater que cet os, dans les mouvements de l'épaule et du bras, se déplace à la fois en hauteur et dans le sens antéro-postérieur. A première vue, il semble que l'extrémité acromiale de la clavicule est seule à se mouvoir et que son extrémité interne pivote dans l'articulation sternale qui paraît être ainsi le centre de tous les mouvements de la clavicule. C'est ainsi que pour Bichat et beaucoup d'anatomistes français et étrangers, la clavicule décrit un cône autour de son articulation sternale.

Cependant les choses ne se passent pas ainsi, et Poirier a montré que la clavicule oscille sur un point central situé non dans l'articulation sterno-claviculaire, mais au niveau de l'insertion du ligament costo-claviculaire. La clavicule est donc divisée par ce ligament en deux segments de longueurs très inégales (12 centimètres et 2 centimètres), qui se déplacent en sens inverse ; tandis que l'extrémité acromiale décrit des arcs de cercle de grand diamètre, l'extrémité sternale suivant des courbes de très court rayon a des déplacements très étroits que limitent d'ailleurs les ligaments sterno-claviculaires.

Ainsi la clavicule présente dans ses mouvements une sorte de point mort à peu près fixe, correspondant au ligament costal, et dont la formation mérite d'être examinée de près.

Poirier dit simplement que cette division de la clavicule en deux segments qui oscillent en sens inverse est due au ligament costo-claviculaire ; mais cette explication très sommaire est aussi incomplète. Pour être précis, il faut rappeler que le ligament costo-claviculaire constitue une petite formation articulaire organisée pour des pressions et des glissements, et que les surfaces correspondantes de la clavicule et de la première côte sont en contact au repos et dans les attitudes basses de l'épaule, tandis qu'elles sont séparées par un intervalle égal à la longueur du ligament, lorsque le moignon est élevé ; d'autre part, on sait que le muscle cléido-mastoïdien s'insère au-dessus du ligament costo-claviculaire, et qu'il se

contracte pendant les mouvements d'élévation et de descente de l'épaule. Il en résulte qu'au repos et pour la descente de l'épaule au-dessous de la position de repos la clavicule s'appuie sur la première côte et bascule sur son point de contact costal. Dans l'élévation de l'épaule, la clavicule en s'élevant tend d'abord le ligament costo-claviculaire, faisant ainsi un léger mouvement (10° à 15°) dont le centre est à l'articulation sternale ; puis la limite d'extension du ligament étant atteinte, la clavicule se trouve de nouveau fixée au point d'insertion du ligament ; elle continue alors son mouvement d'élévation de l'extrémité externe en pivotant sur ce point qui est maintenu fixe par les actions inverses du ligament et du muscle cléido-mastoïdien. Dans la descente de l'épaule de la position la plus haute à la position de repos, le mouvement est identique, mais en sens inverse. Les déplacements dans le sens antéro-postérieur qui accompagnent toujours les déplacements en hauteur se passent également autour du point fixe formé par le cléido-mastoïdien et le ligament costo-claviculaire.

Il faut aussi retenir que le sous-clavier, en s'insérant à la première côte, se fusionne avec le ligament costo-claviculaire ; il en résulte que ce petit muscle a une action de renforcement et de tension sur le ligament costo-claviculaire, auquel il donne une force active et qu'il contribue ainsi à fixer le point mort des mouvements de la clavicule.

L'*amplitude des mouvements* de la clavicule varie d'un sujet à l'autre, mais dans d'assez faibles proportions.

De la situation normale de repos à la position la plus élevée de l'épaule, on mesure en hauteur un écart de 30° à 40° ; l'extrémité acromiale s'élève en moyenne de 6 à 7 centimètres. Entre la position de repos et la position la plus basse, l'écart est au maximum de 8° ou 10°. Au total, l'amplitude du déplacement en hauteur est de 40° à 50°. Ces chiffres relevés sur mes observations correspondent d'ailleurs à ceux de la plupart des anatomistes qui indiquent 45° à 50° comme élévation totale. Pour Albert cependant, ce mouvement atteindrait 60° ; pour Braun et Fischer, 38° seulement.

Dans le sens antéro-postérieur, les déplacements sont analogues, quoique généralement moins étendus. Aucun auteur n'en a donné la mesure. J'ai noté un écart moyen de 25° à 30° entre la position normale et l'attitude la plus reculée de l'épaule et un déplacement de 10° à 15° entre l'attitude normale et la position la plus avancée de l'épaule.

Le déplacement antéro-postérieur est habituellement parallèle au déplacement en hauteur, c'est-à-dire que l'élévation de la clavicule s'accompagne habituellement d'un mouvement en arrière, le mouvement de projection de l'épaule en avant est aussi plus facile et plus complet après que le moignon a été élevé, et ce mouvement commence lui-même le plus souvent par un déplacement de la clavicule en arrière.

De plus, il est impossible à la clavicule de se porter en arrière sans se porter en même temps en haut; ce fait est expliqué par l'action du trapèze qui attire la clavicule à la fois en haut et en arrière, et aussi par la direction, également oblique en haut et en arrière, de la première côte contre laquelle la clavicule viendrait se heurter en se portant en arrière si elle ne se déplaçait pas en même temps en haut; pour la même raison, l'abaissement de l'épaule s'accompagne d'un mouvement en avant.

D'autre part, les déplacements de la clavicule dans les deux sens sont à peu de chose près les mêmes pour les mouvements propres de l'épaule et pour les mouvements d'abduction et d'élévation sagittale ou frontale du bras. C'est ainsi que l'élévation maxima de l'épaule et l'élévation maxima du bras entraînent sensiblement le même déplacement de l'extrémité externe de la clavicule en haut et en arrière.

Enfin, le plus souvent, pendant l'élévation du bras, la clavicule présente un léger *mouvement de rotation sur son axe longitudinal*, mouvement par lequel le bord antérieur est élevé ; le bord postérieur est abaissé et la face supérieure devient obliquement postérieure. Ce mouvement, qui correspond à la rotation de l'omoplate, est assez difficile à produire sur le cadavre si l'on agit directement sur la clavicule, ce qui tient à l'organisation serrée de l'articulation sternale et surtout à la présence du fibro-cartilage. Mais on l'obtient sur le

cadavre et on le constate sur le vivant pendant l'élévation verticale du bras, en même temps que la rotation frontale de l'épaule. Ce mouvement, sans doute peu accusé et difficile à mesurer, n'a pas été vu ou a été nié par la plupart des auteurs.

Cependant en Allemagne, il a été reconnu et étudié par Meyer, Büdinger, Kron, Gaupp et surtout par Steinhausen (1899). Ce dernier l'a recherché sur 100 sujets et l'a trouvé dix fois très accusé et soixante fois d'intensité variable. Personnellement, je l'ai constaté sur la plupart des individus que j'ai examinés, mais je n'ai pu le mesurer. Steinhausen dit qu'il varie de 0° à 25°, et qu'il se passe dans les trois premiers quarts de l'élévation du bras, à l'exception du quatrième.

Pour Büdinger et Gaupp, il est au contraire surtout accusé à la fin de l'élévation du bras; en réalité, la rotation longitudinale se fait pendant toute la rotation de l'épaule, en même temps que le déplacement en haut et en arrière de l'extrémité externe de l'os. Steinhausen explique ce mouvement par la communication à la clavicule de la rotation du scapulum, au moyen de l'appareil coracoïdien, et surtout par le contact de l'apophyse coracoïde et du bord antérieur de la clavicule, contact qui permettrait au scapulum de pousser la clavicule dans le même sens que lui. Étant donné que par aucun de ses muscles propres la clavicule n'est portée à faire de la rotation longitudinale, il est certain que ce mouvement résulte pour elle de celui qui est imprimé à l'omoplate par le trapèze et le grand dentelé; mais il n'est pas nécessaire de faire intervenir ici le contact de la coracoïde avec la clavicule, contact qui, comme nous le verrons plus loin, se produit seulement à la fin de la rotation de l'épaule; les ligaments acromio et coraco-claviculaires expliquent suffisamment cette transmission du mouvement de l'omoplate à la clavicule. En résumé, la clavicule présente des mouvements assez étendus en hauteur et dans le sens antéro-postérieur et de légers mouvements de rotation; tous ces mouvements ont pour siège l'articulation sternale, mais les mouvements en hauteur et en largeur se font comme ceux d'un levier à bras inégaux sur l'articulation costo-claviculaire qui sert de pivot; les mouvements de rotation seuls se font sur l'axe longitudinal de la clavicule.

Mouvements de l'omoplate.

Depuis Winslow, les auteurs ont généralement distingué les mouvements de l'omoplate en deux catégories : les mouvements dits en totalité ou en masse qui portent l'épaule en haut, en avant ou en arrière, et semblent déplacer l'omoplate toute entière dans un seul sens et de la même manière, et les mouvements dits de rotation ou de bascule qui se produisent surtout pendant l'abduction du bras.

Cette classification est un peu théorique, car tous les mouvements de l'épaule entraînent à la fois et plus ou moins des déplacements de l'os en totalité et des mouvements de rotation; mais elle est particulièrement commode pour l'étude et je l'emploierai tout d'abord.

On peut aussi distinguer les mouvements dans lesquels le scapulum est passivement entraîné par la clavicule ou mobilisé avec elle par ses muscles propres, et les mouvements dans lesquels l'omoplate se déplace sur la clavicule théoriquement immobilisée. Les premiers siègent dans l'articulation sterno-costo-claviculaire, et les seconds dans les articulations acromio et coraco-claviculaires.

Cette classification des mouvements est plus anatomique, mais elle exige la connaissance préalable de tout le mécanisme de la ceinture et ne peut se déduire que d'une minutieuse analyse de tous ses mouvements. Elle ne nous servira que secondairement et pour établir la correspondance des mouvements de la clavicule et de l'omoplate.

Enfin on peut encore classer les divers mouvements de l'omoplate, comme ceux de l'épaule toute entière, d'après le point de vue fonctionnel et suivant le résultat utile de chacun d'eux. On distingue ainsi l'élévation directe (haussement d'épaules), le mouvement en dedans et en arrière, le mouvement en dehors et en avant et enfin le déplacement de l'omoplate pendant l'élévation du bras.

C'est suivant cette classification physiologique, employée par Bichat et par Duchenne, que j'ai étudié toute la mécanique de la ceinture, relevé mes observations et pris les diverses mensurations sur le vivant et sur le cadavre. C'est elle aussi

qui servira ici et en dernier lieu à faire la synthèse des mouvements de l'épaule.

Mouvements de l'omoplate en hauteur et en largeur. — Entraînée par la clavicule ou sous l'action de ses muscles propres, l'omoplate s'élève ou s'abaisse, se porte en dedans ou en dehors. Ces mouvements, qui se produisent à peu près parallèlement à la surface du thorax, ont une étendue considérable.

En partant de la situation de l'épaule au repos, on constate que l'omoplate dans ses mouvements les plus extrêmes dans les différents sens se déplace en moyenne de 3 ou 4 centimètres en dedans, de 6 ou 7 centimètres en dehors, de 4 ou 5 centimètres en haut et de 1 ou 2 centimètres au maximum en bas. Mais comme ces mouvements en hauteur et en largeur s'accompagnent toujours d'un certain mouvement de rotation, il en résulte que tous les points de l'omoplate ne se déplacent pas dans les mêmes proportions; la région moyenne de l'os est celle dont les incursions sont les moins grandes, et ce sont les bords, et surtout les angles, qui dans les divers mouvements présentent les plus grands écarts de position. Enfin, on constate que c'est l'angle supéro-interne qui présente les plus grands déplacements en haut et en dedans, tandis que l'angle inférieur se déplace surtout en dehors, et l'angle externe surtout en haut. Tous les muscles de l'épaule contribuent à ces déplacements de l'omoplate en hauteur et en largeur; mais les plus actifs sont le trapèze, le grand dentelé et les rhomboïdes.

Mouvements dans le sens antéro-postérieur. — Les mouvements en hauteur et en largeur, comme d'ailleurs les mouvements de rotation, se font en suivant à peu près la surface postérieure du thorax et par conséquent dans un plan sensiblement frontal, avec une légère direction de dedans en dehors et d'arrière en avant; mais ils s'accompagnent le plus souvent de légers mouvements dans le sens antéro-postérieur qui font évoluer l'omoplate, les uns autour d'un axe vertical, les autres autour d'un axe horizontal, axes qui passent tous deux par le plan même de l'os. Ces mouvements peu accusés n'ont été signalés que par Poirier et par Gaupp. Je

les ai longuement étudiés sur le cadavre et sur le vivant, en mesurant dans les diverses attitudes de l'épaule, d'une part, l'angle omo-claviculaire et, d'autre part, l'intervalle qui sépare le bord spinal de la paroi costale au niveau de l'épine et à l'angle inférieur.

a. *Dans le mouvement autour de l'axe vertical*, l'omoplate rapproche ou écarte de la paroi thoracique son bord spinal, tandis que le bord axillaire reste à peu près fixe, étant tout proche de l'axe du mouvement qui passe en effet entre les articulations acromio et coraco-claviculaires. Le mouvement siège à la fois dans ces deux articulations, mais ce sont surtout les ligaments coraco-claviculaires qui le limitent. Il a pour effet d'ouvrir ou de fermer dans le plan horizontal l'angle omo-claviculaire, lequel s'agrandit dans la descente et le mouvement en arrière de l'épaule et se ferme dans le mouvement en avant et dans l'élévation. L'ouverture est limitée par le ligament conoïde et la fermeture par le trapézoïde (Poirier). L'amplitude de ce mouvement ne dépasse guère, d'après mes mensurations, 10° ou 12°. L'ouverture de l'angle paraît due à l'action des muscles sus et sous-épineux, grand et petit ronds, qui dans les mouvements du bras tendent à porter la face postérieure du scapulum en dehors et en arrière. Quant à la fermeture, elle est surtout produite par l'action du grand dentelé qui attire le bord spinal en avant et en dehors et le maintient appliqué contre le thorax.

b. *Le mouvement de l'omoplate autour d'un axe horizontal et frontal* rapproche ou écarte du thorax l'angle inférieur, tandis que le bord supérieur reste à peu près fixe ou se déplace légèrement en sens inverse. Ce mouvement a été à peine signalé par les auteurs. Son siège est dans l'articulation acromio-claviculaire et son axe passe par cette articulation ou un peu au-dessous d'elle. Il est peu étendu et se trouve limité par les attaches acromio-claviculaires et par les ligaments coraco-claviculaires. En mesurant l'écart qui sépare le bord spinal du thorax au niveau de l'épine et de l'angle inférieur dans les divers mouvements, on constate d'abord qu'au repos le bord spinal est en moyenne séparé du thorax par un intervalle de 1 centimètre au niveau de l'épine et de

3 centimètres à l'angle inférieur. L'omoplate est donc en règle générale et sauf variations individuelles inclinée par sa face antérieure en bas et en avant, suivant un angle de 10° à 12°. Dans les mouvements, cette obliquité diminue et l'angle inférieur se rapproche du thorax même pendant l'élévation de l'épaule. Au premier examen, cette constatation est assez étonnante et c'est l'inverse qui devrait se produire. En effet, l'omoplate étant fixée à la clavicule et obligée de se déplacer avec elle, son élévation se fait nécessairement suivant une courbe dont le centre est au ligament costo-claviculaire. Il en résulte qu'en s'élevant l'omoplate tend à porter son angle inférieur en arrière et en haut. Si donc cet angle inférieur s'est rapproché du thorax au lieu de s'en écarter, c'est qu'une force a agi sur lui en sens inverse, c'est qu'un mouvement s'est passé dans l'articulation omo-claviculaire pour redresser la ligne d'élévation de l'omoplate. Ce redressement de l'omoplate peut être évalué à 15° ou 20° (fig. 23). Il est dû à l'action du grand dentelé, soit comme muscle actif dans le mouvement de l'épaule en avant et pendant l'élévation du moignon, soit comme ligament élastique et tonique dans le mouvement de l'épaule en arrière.

L'omoplate est donc portée de deux manières différentes et dans deux sens différents à se déplacer autour d'un axe horizontal et frontal : le mouvement d'élévation de la clavicule porte l'angle inférieur du scapulum en haut et en arrière, tandis que le grand dentelé par la masse de ses faisceaux inférieurs l'attire en bas et en avant. Normalement, l'action du dentelé est la plus forte et produit dans l'articulation omo-claviculaire le mouvement de rotation qui permet à l'angle inférieur de rester appliqué contre le thorax.

Mouvement de rotation frontale de l'omoplate autour d'un axe horizontal et sagittal. — Dans les divers mouvements de l'épaule, et surtout pendant l'élévation du bras, l'omoplate se déplace sur elle-même suivant son plan principal qui est à peu près frontal, dans un mouvement de rotation autour d'un axe horizontal antéro-postérieur. Par ce mouvement, qui a été appelé mouvement de bascule (Winslow), ou mouvement de sonnette (Cruveilhier, Duchenne), l'angle inférieur est for-

tement porté en dehors, tandis que l'angle externe (moignon de l'épaule) est notablement élevé (et inversement dans le mouvement opposé : abaissement du bras).

Très visible même à un examen superficiel, ce mouvement de rotation a été noté par la plupart des anatomistes; mais son mécanisme et ses causes ont été peu étudiés et restent encore à élucider.

Winslow, qui a donné de ce mouvement un aperçu sommaire mais très exact, a constaté qu'il produisait un déplacement de l'angle interne inverse de celui de l'angle externe, et il l'a expliqué par l'action différente des divers faisceaux du trapèze et du grand dentelé.

Bichat a écrit que ce mouvement de rotation se fait autour d'un axe qui passe par la partie moyenne de l'omoplate, qu'il siège dans l'articulation scapulo-claviculaire, et qu'il est limité par les ligaments coraco-claviculaires. Cruveilhier et Duchenne ont qualifié cette rotation de mouvement de sonnette, parce que « deux angles tournent toujours sur le troisième ». Suivant ces auteurs, en effet, l'omoplate tourne « non autour d'un axe fictif passant au centre de l'os, mais sur l'un ou l'autre de ses angles interne et externe qui reste fixe ».

Poirier a entièrement adopté la manière de voir de Duchenne.

Pour Testut, « le mouvement de rotation ou de bascule se fait autour d'un axe qui passe par les articulations acromio et coraco-claviculaires ».

Pour Wilmart, de Bruxelles, la rotation de l'omoplate se fait aussi autour de la clavicule qui reste fixe et suivant un axe passant par les articulations acromio et coraco-claviculaires.

En Allemagne, la plupart des auteurs croyaient avec Henke que la ceinture tourne en tous sens, et comme un tout immobile, autour de l'articulation sterno-claviculaire; mais depuis quelques années plusieurs auteurs ont examiné la question de plus près.

Braun et Ficher, Gaupp, puis Steinhausen, ayant étudié le mouvement de rotation longitudinale de la clavicule, ont essayé de distinguer le rôle de l'articulation sternale et celui de l'articulation acromiale dans le mouvement de rotation

frontale de l'omoplate ; ils ont aussi recherché la part qui revient à cette rotation de l'épaule dans l'élévation du bras. Ces auteurs ont ainsi apporté des renseignements intéressants sur certains points de la question, mais il est permis de dire que leurs travaux manquent de données précises sur le mécanisme général du mouvement. Gaupp a cependant exprimé l'opinion que l'omoplate tourne autour d'un axe antéro-postérieur qui serait situé au niveau de l'angle interne. Ce serait l'insertion de l'angulaire qui servirait de pivot.

En résumé, pour Winslow et Bichat, le mouvement de rotation se fait autour d'un axe passant par la partie moyenne de l'omoplate. Pour Duchenne, Cruveilhier, Poirier, il se produit alternativement sur l'angle interne et sur l'angle externe. Pour Testut et Wilmart, l'axe du mouvement passe par les articulations acromio et coraco-claviculaires. Enfin, pour Gaupp, c'est l'angle interne qui sert de pivot.

Mes observations et mes radiographies apportent sur ce point des données incontestables et pour ainsi dire mathématiques. Elles établissent bien nettement que le centre de la rotation de l'omoplate correspond à la région moyenne de l'os, à peu près au milieu de la ligne d'insertion de l'épine, à 3 ou 4 centimètres environ du bord spinal. En effet, tandis que ce point ou plus exactement cette zone de l'omoplate ne se déplace qu'imperceptiblement pendant l'élévation du bras, l'angle supéro-interne s'abaisse de 2 à 3 centimètres environ ; l'angle externe s'élève de 4 à 5 centimètres et l'angle inférieur se porte vigoureusement en dehors (8 ou 10 centimètres). C'est donc nécessairement par cette région moyenne de l'omoplate, en un point qui varie légèrement suivant les individus, que passe l'axe autour duquel s'effectue le mouvement. Cet axe est perpendiculaire au plan principal, vertical et frontal de l'omoplate. L'amplitude du mouvement de rotation est de 45° environ.

Son résultat utile est d'élever le moignon de l'épaule et surtout d'orienter en haut la cavité glénoïde, ce qui permet à l'humérus arrêté par la voûte acromio-coracoïdienne d'achever son élévation dans l'espace jusqu'à la verticale haute.

Dans quelles articulations se passe ce mouvement?

Bichat, Duchenne, Cruveilhier, Poirier, Testut considèrent

qu'il se passe dans les articulations acromio et coraco-claviculaire. C'est pour eux un mouvement de l'omoplate sur la clavicule. Seuls les auteurs allemands Gaupp et Steinhausen ont attribué une part du mouvement à la rotation longitudinale de la clavicule.

Des expériences que j'ai faites sur le cadavre ou sur des ceintures artificiellement préparées et de l'examen des radiographies sur lesquelles j'ai relevé la mesure des déplacements de chaque segment de la ceinture pendant les divers temps de la rotation de l'épaule (fig. 24 à 27), il résulte que la rotation frontale de l'omoplate dépend : 1° du déplacement de l'extrémité externe de la clavicule en haut et en arrière ; 2° de la rotation de la clavicule sur son axe longitudinal ; 3° de la rotation de l'omoplate sur la clavicule. Les deux premiers mouvements dépendent de l'articulation sterno costo-claviculaire et le troisième des articulations acromio et coraco-claviculaires. Au point de vue chronologique, cette division de la rotation de l'omoplate en trois temps n'est pas absolue, car les mouvements de l'articulation sternale et ceux de l'articulation acromiale sont plus ou moins simultanés ou se succèdent de manière variable suivant les individus; toutefois, dans leur ensemble, il est certain que les mouvements de la clavicule sur le thorax précèdent ceux de l'omoplate sur la clavicule.

Le *déplacement de la clavicule en haut et en arrière* pendant l'élévation du bras mesure en moyenne 20° (exactement 17 sur les radiographies angle Δ) et se produit surtout pendant les deux premiers temps du mouvement (élévation du bras jusqu'à l'horizontale). Son centre est à l'union costo-claviculaire. Il entraîne l'acromion en haut et en arrière et produirait un déplacement de tout le scapulum dans le même sens, si cet os était libre de toute autre attache ; mais les actions combinées du trapèze et du grand dentelé fixent le scapulum au niveau de l'épine et l'obligent à pivoter sur sa région moyenne. Ainsi de produit la première partie de la rotation de l'omoplate sont l'amplitude égale celle du mouvement de la clavicule (17° à 20°).

La *rotation du scapulum sur la clavicule* se mesure par la

modification de l'angle que forme la clavicule avec le bord postérieur de l'épine. Cet angle (angle ε des radiographies), mesuré en projection sur un plan vertical, reste stationnaire (ayant 28 à 30° environ) pendant la rotation de l'omoplate due au déplacement de la clavicule. Il s'agrandit au contraire pendant la rotation de l'omoplate sur la clavicule, et son ouverture augmente proportionnellement à l'amplitude du mouvement. On note ainsi sur les radiographies que l'angle passe de 28 à 50°, soit une augmentation de 22° qui se produit presque exclusivement dans le troisième temps de l'élévation du bas. Cette rotation de l'omoplate sur la clavicule se passe dans les articulations acromio et coraco-claviculaires; elle est limitée par l'appareil ligamenteux de l'articulation acromiale, et plus encore par les ligaments trapézoïde et conoïde.

La *rotation de l'omoplate attribuable à la rotation longitudinale de la clavicule* est difficile à mesurer directement. Cette rotation de la clavicule est en effet assez irrégulière. Suivant Steinhausen, elle varie de 0° à 25°; sur mes radiographies, elle paraît être de 6°, sa mesure étant donnée par la différence entre la rotation totale de l'omoplate (45°) et la somme des rotations produites par le déplacement de la clavicule en haut et en arrière (17°) et le mouvement de l'omoplate sur la clavicule (22°), soit 39° ($17+22=39$; $45-39=6$).

Il est plus difficile encore de préciser le moment où la rotation de la clavicule se produit pendant la rotation de l'épaule. Steinhausen, qui attribue la rotation de la clavicule au contact et à la poussée de la coracoïde sur la clavicule, dit l'avoir constatée à des temps très variables du mouvement de l'épaule. Or sur mes radiographies la coracoïde n'arrive au contact de la clavicule que tout à fait à la fin du mouvement; la rotation de la clavicule correspondrait donc au dernier temps de la rotation de l'omoplate; mais il est certain que le contact coraco-claviculaire n'est pas nécessaire, — les ligaments acromio-et coraco-claviculaires suffisant à entraîner la clavicule, — dans le même mouvement que l'omoplate. Enfin il est facile de constater en mobilisant une ceinture artificiellement préparée que le déplacement de l'extrémité

externe de la clavicule en haut et en arrière doit s'accompagner d'un certain degré de rotation de l'os tout entier sur son axe longitudinal. On peut donc admettre que la rotation longitudinale de la clavicule se fait progressivement pendant toute la durée de son déplacement en haut et en arrière, c'est-à-dire pendant la première moitié de l'élévation du bras.

En résumé la rotation de l'omoplate, dont l'amplitude en moyenne est de 45°, résulte du mouvement de l'omoplate sur la clavicule (21°) et du mouvement de la clavicule sur le sternum (24°) : ce dernier mouvement comprend le déplacement en haut et en arrière de l'extrémité externe (17°) et la rotation longitudinale (7°). La rotation de l'omoplate se passe donc en parties à peu près égales dans l'articulation sternale et dans l'articulation acromio-claviculaire.

Mais, étant donné que la rotation de l'omoplate se fait dans les articulations sternale et acromiale, il semble *a priori* que l'*axe de la rotation* devrait passer par ces articulations et correspondre à l'axe même de la clavicule (opinion de Poirier, de Testut, de Wilmart). Or l'examen des radiographies établit incontestablement que le centre de la rotation correspond non pas à l'articulation acromiale, mais à la région moyenne de l'omoplate. Pour comprendre cette particularité du mécanisme de la rotation, il faut remarquer d'abord que l'acromion est porté avec la clavicule en haut et en arrière et que, par conséquent, il ne peut servir de pivot à la rotation ; d'autre part l'omoplate subit dans son déplacement les résistances de ses attaches avec le thorax et avec le bras ainsi que les actions de ses différents muscles. Et ce sont précisément ces actions musculaires qui déplacent l'axe du mouvement de rotation, en fixant la région moyenne de l'omoplate. Nous savons en effet que, lorsqu'ils agissent ensemble, les faisceaux moyens du trapèze d'une part, les faisceaux supérieurs et moyens du grand dentelé d'autre part, neutralisent leurs forces opposées au niveau de l'épine dont la région moyenne reste fixe. L'omoplate se trouve ainsi équilibrée à la partie postérieure du thorax sur un point qui est à peu près symétrique au point fixe de la clavicule (union costo-claviculaire). Les deux pièces de la ceinture déjà étroitement unies sont ainsi rendues plus

complètement solidaires. Elles se déplacent donc toutes deux de manière identique sur leurs points fixes servant de pivots; et l'axe du mouvement pour l'une et l'autre pièce passe nécessairement par ces deux points fixes claviculaire et scapulaire. L'analogie est d'ailleurs complète entre la rotation de l'omoplate et l'oscillation de la clavicule. Dans les deux cas en effet le centre des mouvements n'est pas dans l'articulation qui les limite ; il se trouve déplacé par la formation d'un point fixe sur lequel l'os est obligé d'osciller. Dans l'organisme, les exemples ne sont d'ailleurs pas rares de ce mécanisme intéressant. C'est ainsi que le maxillaire inférieur bascule autour d'un axe transversal qui passe par la partie moyenne de la branche montante, au niveau de l'insertion des ligaments sphéno-ptérygo et stylo-maxillaires. Et il est certain, malgré qu'aucun auteur ne l'ait signalé, que ces ligaments ont pour fonction de fixer cette région du maxillaire inférieur qui sert ainsi de pivot aux mouvements de la mastication.

Sur une ceinture scapulaire détachée du thorax, mais dont on a respecté les moyens d'union acromio et coraco-claviculaires, il est facile de se rendre compte de la modification qu'apporte à la rotation de l'omoplate la formation du point fixe de cet os.

D'abord, l'omoplate étant laissée libre, on imprime à la clavicule vers son extrémité interne un léger mouvement de rotation longitudinale, correspondant à celui qui s'observe sur le vivant; on constate que l'omoplate suit le mouvement et pivote sur son angle externe, autour de l'axe même de la clavicule, mais sans aucun déplacement en haut ni en arrière de l'acromion et de l'extrémité externe de la clavicule. Puis l'omoplate étant toujours laissée libre, on porte l'extrémité externe de la clavicule et avec elle l'acromion en haut et en arrière, ainsi que cela se passe sur le vivant, dans le mouvement de rotation de l'épaule; on constate ainsi que le scapulum se déplace tout entier en haut et en arrière, parallèlement à la clavicule, mais sans qu'il se produise de mouvement de rotation.

Si maintenant l'on fixe avec deux doigts la région moyenne de l'épine, et si l'on imprime à la clavicule, près de son extré-

mité interne, un léger mouvement de rotation, on constate cette fois que l'omoplate pivote autour du point fixe, élevant et portant en dedans son angle externe et l'extrémité acromiale de la clavicule, tandis que l'angle interne s'abaisse, et l'angle inférieur se porte fortement en dehors. Le mouvement de rotation de l'omoplate et le déplacement de la clavicule sont ainsi fidèlement reproduits tels qu'ils s'observent sur le vivant.

Le mouvement de rotation dépend donc de la fixation de l'omoplate, et son mécanisme apparaît ainsi beaucoup plus simple qu'il me semblait tout d'abord.

Il reste à indiquer les actions musculaires qui le produisent. La rotation de l'omoplate est produite passivement sur le cadavre, et aussi sans doute sur le vivant, par la traction du grand rond et du faisceau scapulaire du grand dorsal que tend le mouvement d'abduction du bras. L'abduction de l'humérus par rapport au scapulum est en effet limitée en bas par ces deux muscles qui jouent le rôle de ligaments, de même qu'elle est arrêtée en haut par le heurt de l'humérus contre l'acromion et la voûte acromio-coracoïdienne. C'est pourquoi l'omoplate est réellement entraînée par le bras dans son mouvement, de la même manière, mais à un bien moindre degré, que lorsque l'articulation de l'épaule est ankylosée.

Mais en réalité la rotation du scapulum est surtout produite activement par les muscles de la ceinture, principalement et de la manière que nous avons vue plus haut pour le trapèze et le grand dentelé. Rappelons sommairement que les faisceaux supérieurs du trapèze élèvent directement la clavicule et l'acromion, que les faisceaux inférieurs du même muscle abaissent l'angle interne et que la masse des faisceaux inférieurs du grand dentelé porte énergiquement en dehors l'angle inférieur. Ces trois forces appliquées aux trois angles de l'omoplate s'exercent au total dans le même sens suivant une courbe dont le centre correspond au point fixé par les actions contraires des faisceaux moyens du trapèze d'une part et des faisceaux supérieurs et moyens du grand dentelé d'autre part.

La figure 23 montre les modifications de l'angle formé par

la clavicule et le bord axillaire de l'omoplate pendant les mouvements d'élévation de l'épaule.

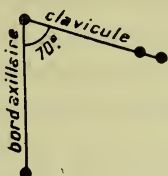


Fig. 23. — Angle clavi-axillaire au repos et après élévation de la clavicule.

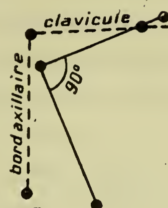


Fig. 23 *bis*. — Angle clavi-axillaire après élévation de l'épaule et action du grand dentelé. L'omoplate s'est rapprochée du thorax et l'angle est réduit de 20°.

Correspondance des mouvements de la clavicule et de l'omoplate. Influence réciproque et part de chaque pièce dans les mouvements de la ceinture.

Dans tous les mouvements de l'épaule, les deux pièces de la ceinture sont en raison des liens étroits qui les unissent nécessairement subordonnées l'une à l'autre pour leurs déplacements individuels. Ces déplacements dont nous avons vu pour chaque pièce les différents sens et les diverses amplitudes, sont le plus souvent parallèles, concourant également à la fonction commune. La clavicule agit sur l'omoplate, la dirige et l'entraîne dans ses mouvements, mais celle-ci en retour influence les mouvements de la clavicule. Ainsi les deux os de la ceinture reçoivent des muscles qui agissent sur eux des impulsions qu'ils se transmettent réciproquement, mais avec une certaine souplesse, grâce au jeu des articulations omo-claviculaires.

Les auteurs allemands Henke, Gaupp et surtout Steinhausen ont particulièrement attiré l'attention sur un fait qui aurait suivant eux pour conséquence de renforcer l'union omoclaviculaire et de rendre les deux pièces de la ceinture plus étroitement solidaires. C'est *l'entrée en contact de la coracoïde avec la clavicule.* La coracoïde, qui au repos a une direction à peu près horizontale, se dispose pendant la rotation de l'omoplate sur un plan fortement oblique en haut et en avant,

dans la courbure de l'extrémité externe de la clavicule avec laquelle elle finit par se mettre en contact. C'est là un fait incontestablement établi par la radiographie comme par l'étude du cadavre, mais il n'a pas dans la mécanique de la ceinture l'importance que Steinhausen lui attribue. Mes radiographies montrent en effet que c'est tout à fait à la fin de la rotation de l'omoplate, et seulement dans son quatrième temps, que la coracoïde entre en contact avec le bord antérieur de la clavicule ; à ce moment le mouvement de la clavicule est déjà terminé, et celui de l'omoplate est sur le point de s'arrêter ; il n'est donc pas vrai que ce contact, cet appui de la coracoïde sur la clavicule influent notablement sur la liaison et la concordance des mouvements de la ceinture. Les ligaments coraco-claviculaires sont d'ailleurs suffisants pour transmettre à la clavicule les mouvements de l'omoplate, et notamment le mouvement de rotation ; et d'autre part la rigidité plus grande de l'arc omo-claviculaire, après le contact de la coracoïde avec la clavicule, tient certainement moins au contact même des deux os qu'à l'extrême tension du ligament conoïde au terme de la rotation scapulaire.

Examinons maintenant la part d'énergie et de mouvements que chaque pièce reçoit de ses muscles propres et celle qui lui est transmise par sa pièce associée.

La clavicule n'est mobilisée directement que par la partie claviculaire du trapèze qui la porte en haut et en arrière : par contre, elle est entraînée dans le même mouvement par l'omoplate qu'actionnent des muscles puissants : trapèze, dentelé, rhomboïdes ; la rotation de l'omoplate se transmet aussi en partie à la clavicule qui sous la traction du ligament coraco-claviculaire, fait son mouvement propre de rotation longitudinale.

L'omoplate subit dans tous les sens l'action de ses muscles propres, et la clavicule ne lui transmet que des forces très inférieures aux siennes ; par contre, tous ses mouvements sont conditionnés par la disposition de la clavicule seule fixée au thorax.

Enfin l'omoplate et la clavicule subissent également par l'intermédiaire de l'humérus l'action du grand pectoral et du

grand dorsal. Elles sont aussi actionnées de manière identique par le deltoïde après fixation du bras.

Au total, l'omoplate reçoit directement la très grande majorité des actions musculaires qui soutiennent et mobilisent l'épaule, mais c'est la clavicule qui en dirige les mouvements et c'est pourquoi Winslow a appelé la clavicule « le gouvernail des attitudes de l'épaule. »

Étude des principaux mouvements de l'épaule.

Il reste maintenant à faire la synthèse des mouvements de la ceinture thoracique par l'étude de chacun des principaux mouvements de l'épaule, tels qu'ils se produisent en réalité sur le vivant, pour les diverses fonctions du membre supérieur. Ces mouvements sont :

L'élévation en masse de l'épaule ;

Le mouvement de l'épaule en arrière ;

Le mouvement de l'épaule en avant ;

L'abduction et l'élévation sagittale et frontale du bras ;

Enfin l'intervention des épaules dans les mouvements respiratoires.

Pour chacun de ces mouvements, je préciserai le déplacement dans les différents sens de la clavicule, de l'omoplate et même de l'humérus, les muscles qui interviennent et le résultat utile obtenu.

Mais avant d'étudier les divers mouvements, il est nécessaire tout d'abord de préciser l'*attitude de l'épaule au repos*, dans la position normale (*Observations*, attitude 1, fig. 24 et 28).

Cette attitude qui varie dans une certaine mesure avec les individus dépend moins de la conformation du squelette que du développement et de l'équilibre des muscles qui soutiennent l'omoplate. En effet, ce n'est pas la clavicule qui soutient l'épaule et décide de son attitude normale, mais seulement l'action tonique des muscles, action qui est proportionnelle à leur volume et à leur entraînement.

C'est surtout le trapèze, grand suspenseur de la ceinture, qui décide de la hauteur de l'épaule ; ordinairement le bord supérieur de l'omoplate correspond à la partie postérieure de la deuxième côte et l'angle inférieur à la huitième côte ou au

huitième espace ; quant à la clavicule, elle est disposée un peu obliquement en haut et en arrière, formant un angle de 20° à 25° au-dessus du plan horizontal qui passe par son articulation costale, et un angle de même dimension en arrière du plan vertical et frontal tangent à la fourchette sternale.

La situation du bord spinal qui est généralement dirigé un peu obliquement en bas et en dehors, à 7 ou 8° de la ligne médiane, dépend de l'équilibre entre le poids du membre supérieur et l'action des rhomboïdes d'une part, et l'action du trapèze et du grand dentelé d'autre part.

Enfin l'écart du bord spinal et de l'angle inférieur en arrière de la paroi costale dépend à la fois du trapèze, des rhomboïdes et du grand dentelé, mais surtout de ce dernier muscle.

Sur les sujets amaigris, sur les malades, les muscles étant moins volumineux et ayant une tonicité moindre se laissent distendre davantage par le poids du membre supérieur. Il en résulte que chez eux l'épaule se trouve plus bassement située, le cou paraît plus long sans qu'il y ait allongement réel du squelette ; le bord spinal est moins oblique en dehors ; il devient même oblique en dedans et s'écarte notablement en arrière du thorax, révélant ainsi l'insuffisance des deux principaux muscles de la ceinture : le trapèze et le grand dentelé. Au contraire, chez les travailleurs, chez les ouvriers vigoureusement musclés, le trapèze forme une masse plus courte et plus épaisse et de plus forte tonicité. Il en résulte que le cou est plus gros et plus court ; les épaules sont hautes et carrées ; le bord spinal est étroitement appliqué contre le thorax, et l'angle inférieur nettement dirigé en dehors, il est manifeste que chez ces sujets robustes, le poids du membre supérieur ne fatigue pas la puissante tonicité des muscles suspenseurs de l'épaule.

Sur certains sujets parfaitement sains et normaux d'autre part, en raison de nécessités professionnelles, et plus souvent chez les adolescents, par suite de mauvaises attitudes habituelles, l'équilibre des muscles de l'omoplate ne se fait pas identiquement des deux côtés, ni suivant la rectitude. Il y a prédominance de tel ou tel muscle ou faisceau de muscle,

plus développé et dont la tonicité est exagérée, ou qui même reste constamment à demi contracté. Il en résulte une modification généralement unilatérale de la situation normale de l'épaule, qui se trouve être plus élevée ou plus basse, ou qui, plus souvent encore, est portée en avant. Ces attitudes vicieuses sont naturellement très corrigeables par l'éducation et l'exercice qui ont pour effet de développer également tous les muscles et de rétablir l'équilibre normal de leurs actions toniques.

Élévation en masse de l'épaule (*Observations*, attitude V). — Ce mouvement, ordinairement appelé haussement d'épaule, se produit avec une amplitude variable, sous l'action de la volonté ou instinctivement de manière réflexe, dans l'expression du dédain et du doute, dans le fait de porter ou de soulever un fardeau et dans les grands efforts d'inspiration.

Dans ce mouvement, la clavicule se porte en moyenne de 30° à 40° en haut et de 15° à 20° en arrière, sans rotation longitudinale, l'omoplate tout entière se déplace également en haut et un peu en dedans. Son ascension varie, suivant les sujets, de 4 à 6 centimètres; son mouvement de recul vers la ligne médiane est de 2 à 3 centimètres.

Ce mouvement de l'omoplate n'est pas d'ailleurs absolument identique pour les trois angles de l'os. Il se produit en effet une légère rotation frontale qui a pour résultat d'élever davantage le moignon et de diminuer l'ascension et l'écart en arrière de l'angle inférieur, l'élévation de l'angle externe est ainsi toujours supérieure de 1 ou 2 centimètres à celle de l'angle interne.

Le mouvement paraît aussi s'accompagner d'une légère diminution de l'angle omo-claviculaire (5° environ).

Les muscles qui produisent l'élévation en masse de l'épaule sont surtout le trapèze, l'angulaire et les rhomboïdes. Ces muscles attirent la ceinture en haut, en dedans et en arrière; et c'est pourquoi l'ascension maximum de l'épaule s'accompagne normalement d'un léger mouvement en dedans et en arrière; le trapèze doit agir tout entier même avec ses faisceaux inférieurs qui contribuent à l'élévation du moignon.

Par contre, tous les faisceaux du grand dentelé doivent se laisser distendre.

Lorsque le mouvement d'élévation en masse s'accompagne d'efforts vigoureux et notamment lorsqu'il s'agit de supporter un fardeau, le grand pectoral et le grand dorsal appliquent l'humérus contre le thorax pour donner un point fixe aux muscles scapulaires dont l'action s'exerce ainsi en élevant et soutenant l'omoplate. En même temps, le deltoïde maintient la tête humérale appliquée sous la voûte acromiale.

Mouvement de l'épaule en arrière. — C'est surtout un mouvement de gymnastique, un exercice qui a pour but de faire saillir le thorax en avant, d'effacer les épaules, de redresser le tronc. Il contribue à produire l'attitude militaire, à donner à l'individu une expression de fierté, un air de provocation. Enfin il permet au bras une incursion plus grande en arrière.

Dans ce mouvement (n° 6 des observations) la clavicule se porte fortement en arrière (en moyenne 20° à 25°) et légèrement en haut (10° à 15°). Son déplacement en arrière est limité par la première côte avec laquelle elle entre en contact et contre laquelle même elle comprime les nerfs et vaisseaux axillaires si le mouvement est exagéré, on s'en rend compte aisément puisqu'on peut ainsi arrêter le pouls de la radiale. Ce mouvement en arrière serait même beaucoup plus vite limité si la clavicule ne se portait en même temps en haut; en effet le reculement des épaules est plus facile et plus complet si les épaules sont un peu élevées et cela est naturellement expliqué par l'obliquité en haut et en arrière de la première côte.

L'omoplate se porte en même temps et en totalité fortement en arrière (en moyenne 3 à 4 centimètres) et un peu en haut (1 ou 2 centimètres).

Ce déplacement se fait réellement en masse, c'est-à-dire que tous les points de l'os subissent le même mouvement, dans le même sens, et avec à peu près la même amplitude. Il n'y a donc pas de rotation frontale de l'omoplate.

L'angle omoclaviculaire paraît s'ouvrir légèrement (4° ou 5°) et présente 8° ou 10° de plus que dans l'élévation de l'épaule;

on constate d'ailleurs que dans cette attitude le bord spinal est un peu plus écarté en arrière du thorax.

Les muscles qui produisent ce mouvement sont les portions moyenne et inférieure du trapèze, et surtout les rhomboïdes. Le grand dorsal attire aussi énergiquement en arrière l'épaule, directement par ses faisceaux supérieurs qui se fixent souvent à l'omoplate, et surtout indirectement par l'intermédiaire du bras.

Le dentelé est nécessairement inactif et se laisse distendre ; c'est pourquoi il ne se produit pas de mouvement de rotation de l'omoplate, tandis que le bord spinal se laisse un peu écarter de la paroi costale.

Mouvement de l'épaule en avant. — Ce mouvement ne peut s'obtenir qu'avec l'intervention du bras. C'est en effet par l'intermédiaire de l'humérus que l'épaule est attirée tout entière en avant. Aussi le mouvement de l'épaule s'accompagne-t-il soit de l'application du coude contre le thorax, soit d'un mouvement du bras en avant. En outre, il se produit en même temps une élévation marquée du moignon de l'épaule.

Lorsqu'il est énergiquement produit, ce mouvement permet de pousser un objet ou d'opposer une résistance avec le moignon de l'épaule. Spasmodique ou accompagné d'un frisson, il exprime la sensation de froid, la crainte, la douleur, le désespoir. Enfin, il intervient dans l'action d'embrasser et dans le geste par lequel on met la main sur l'épaule opposée.

Dans ce mouvement, la clavicule est portée en avant (10° à 15°) en deçà de sa situation normale (et plus encore en haut (25° à 30° en moyenne). L'omoplate se déplace en totalité en dehors (3 ou 4 centimètres) et le plus souvent aussi en haut (1 ou 2 centimètres) ; il se produit en outre un mouvement de rotation frontale qui élève le moignon de l'épaule, et qui déplace en dehors l'angle inférieur. Enfin le bord spinal et surtout l'angle inférieur s'appliquent étroitement contre le thorax, tandis que l'angle omo-claviculaire se resserre sensiblement (5° à 6°).

Ce mouvement est produit à la fois par le grand pectoral

et le grand dentelé. Le grand pectoral attire en avant et en dedans le bras qui le plus souvent s'applique au thorax. La ceinture tout entière, fixée à l'humérus par le deltoïde contracté, est entraînée en avant avec l'extrémité supérieure du bras, sans qu'il se produise de mouvement bien appréciable dans l'articulation scapulo-humérale.

Le grand dentelé renforce dans le même sens l'action insuffisante du grand pectoral. En outre il produit le mouvement de rotation frontale de l'omoplate et l'élévation du moignon.

Enfin, il maintient le bord spinal et l'angle inférieur appliqués contre le thorax. Sans son intervention en effet, l'omoplate étant entraînée en avant, il se produirait un écart marqué entre la paroi costale et le bord spinal ; l'action du grand dentelé a donc pour effet de compenser ce mouvement dont le centre est à l'articulation sternale, par un mouvement inverse qui diminue l'ouverture de l'angle omo-claviculaire et qui se passe dans l'articulation acromiale.

Mouvement de la ceinture pendant l'abduction et l'élévation du bras. — Tout le monde peut constater aisément que pendant l'abduction et l'élévation du bras, l'épaule se déplace de manière assez compliquée, et que notamment l'angle inférieur de l'omoplate se porte fortement en dehors. Il est donc évident que la ceinture participe à l'élévation du bras, et l'on peut se faire une idée de la part qui revient ainsi à l'épaule dans ce mouvement, en immobilisant artificiellement l'omoplate soit avec les mains, soit avec une serviette placée en écharpe. On constate ainsi que l'épaule étant fixée, le bras atteint avec peine l'horizontale, et ne peut la dépasser. On sait enfin que dans l'ankylose de l'articulation scapulo-humérale, une certaine amplitude de mouvements est encore permise au membre supérieur, grâce à la mobilisation de l'épaule sur le thorax. Ce sont là des faits bien connus, mais qui sont généralement mal interprétés et dont le mécanisme mérite d'être précisé.

Duchenne ayant en effet démontré que le deltoïde isolément contracté sous l'excitation électrique élève les bras jusqu'à l'horizontale, mais pas au delà, en a conclu que l'abduction

du bras jusqu'à 90° est le fait du deltoïde, et que son élévation depuis l'horizontale jusqu'à l'attitude la plus haute est produite par les rotateurs de l'épaule. Et cette déduction, d'ailleurs inexacte, a été acceptée par tous les auteurs, et un auteur allemand, Henke, a même expliqué à ce sujet que pendant l'action du deltoïde, qui suivant lui correspond à l'élévation horizontale du bras, le grand dentelé n'intervient

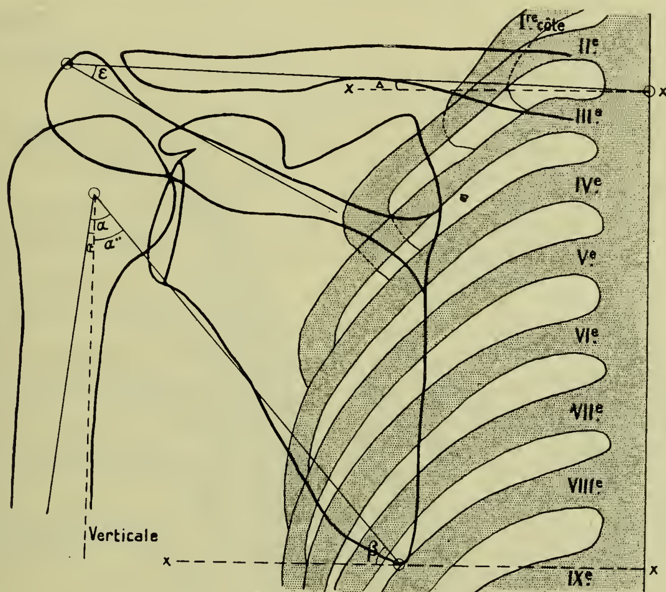


Fig. 24. — Attitude I : normale, de repos.
Angles : $\alpha = 47°$: α' 7° ; α'' 40° ; $\beta = 50°$; $\Delta = 3°$; $\varepsilon = 27°$.
(D'après la radiographie.)

que pour fixer l'omoplate, et empêcher le deltoïde d'abaisser l'angle externe.

Or un examen minutieux de l'abduction et de l'élévation du bras sur le vivant et le contrôle de la radiographie montrent que cette manière de voir de Duchenne, basée cependant sur des expériences exactes, ne correspond pas à la réalité des faits. Déjà en 1899 Steinhausen a montré avec l'aide de la radiographie que l'omoplate accompagne l'humérus dans son abduction dès le premier temps du mouvement, et par des mesures prises dans chacun des quarts du demi-cercle parcouru par le bras, il a fait le départ de ce qui revient

dans chaque temps à l'abduction du bras sur le scapulum et à la rotation du scapulum sur le thorax.

J'ai repris ces mensurations à la fois sur le vivant, sur le cadavre et sur des radiographies et j'ai analysé ce mouvement du membre supérieur de la même manière que les autres mouvements de l'épaule, en précisant la part qui revient à chaque muscle intéressé. Mes observations four-

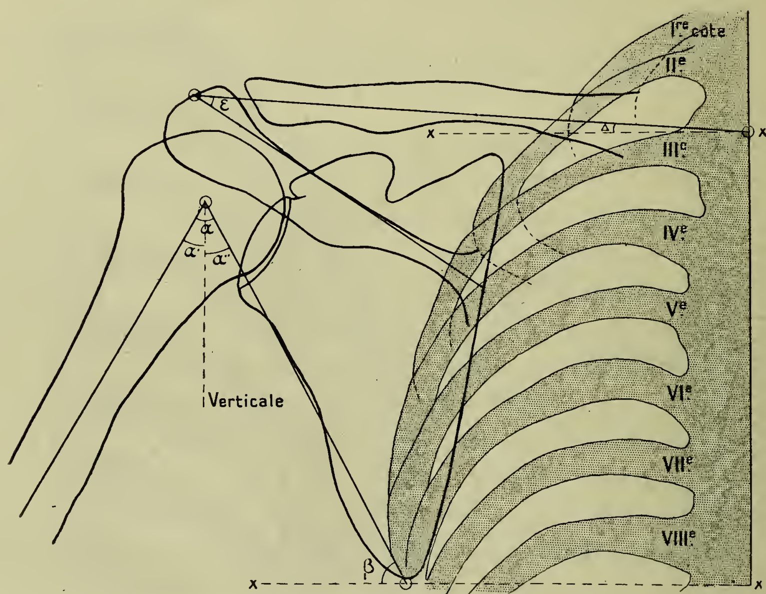


Fig. 25. — Attitude II : bras à 45°.

Angles : α = 58° : α' 30°, α'' 28°; β = 64°; Δ = 5°; ε = 30°.
(D'après la radiographie.)

nissent précisément sur ce point tous les renseignements utiles. Voyons d'abord l'abduction frontale du bras qui est en quelque sorte l'abduction type. Nous verrons ensuite par quoi se distingue de ce mouvement principal l'abduction sagittale antérieure ou postérieure.

L'abduction et l'élévation du bras peuvent être pour l'étude divisées en deux temps principaux : le premier correspondant à l'abduction jusqu'à l'horizontale, et le second à l'élévation de l'horizontale jusqu'à la position la plus élevée ; mais il est préférable de décomposer le premier temps en deux temps secondaires ; cela nous amène ainsi à étudier trois temps et

quatre attitudes : le premier temps va de l'attitude I normale, à l'attitude II (écartement du bras à 45° environ) ; le deuxième temps va de 45 à 90°, soit de l'attitude II à l'attitude III (bras horizontal). Enfin le troisième temps va de 90° jusqu'à la position la plus haute, attitude IV, dans laquelle le bras se rapproche de la verticale, mais ne l'atteint pas.

Dans l'*attitude normale* du bras, au repos, l'humérus n'est

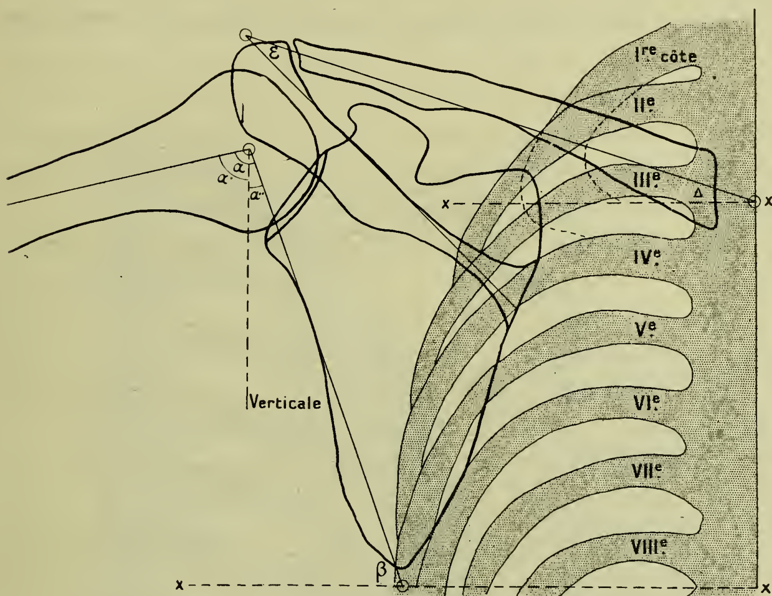


Fig. 26. — Atitude III : bras horizontal.

Angles : $\alpha = 95^o$: α' 75°; α'' 20°; $\beta = 72^o$; $\Delta = 20^o$; $\varepsilon = 30^o$.
(D'après la radiographie.)

pas absolument vertical mais légèrement écarté en dehors (5° à 10° angle α'). En outre, il existe entre l'axe de l'humérus et le bord axillaire un écart de 40° à 45° angle α''. On connaît d'autre part la situation normale de la clavicule qui est légèrement oblique en haut et en arrière et celle de l'omoplate dont le bord spinal est un peu oblique en bas et en dehors.

Dans l'*attitude* II, c'est-à-dire après une abduction du bras de 40° environ on constate que la clavicule s'est élevée de 8° à 10° et s'est écartée en arrière dans des proportions un peu moindres, 5° en moyenne.

L'omoplate a fait un léger mouvement de rotation dans lequel l'angle interne s'est très légèrement abaissé; l'angle externe s'est élevé avec la clavicule, et l'angle inférieur s'est porté de 1° ou 2° en dehors. L'omoplate fait ainsi maintenant un angle de 10° à 15° avec sa situation de repos; enfin l'écart entre l'humérus et le bord axillaire a augmenté de 15 à 20°. Il est de 60°.

Dans l'*attitude* III, le bras étant horizontal, après avoir fait

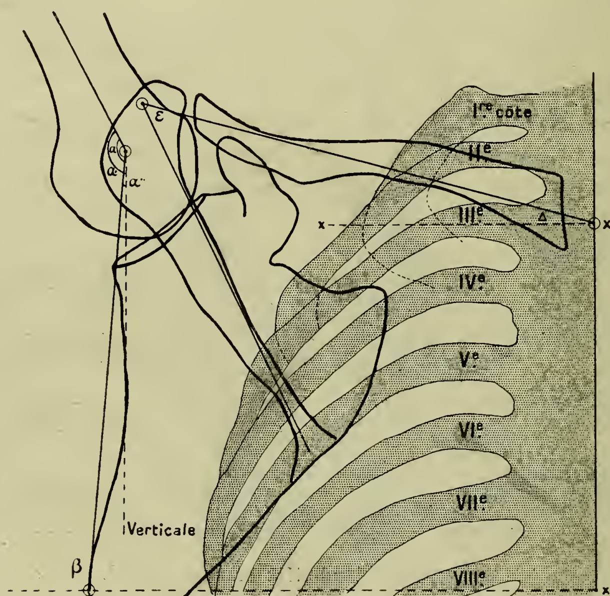


Fig. 27. — Attitude IV : bras élevé.

Angles : $\alpha = 145°$: α' 150°, α'' 5° en dehors ; $\beta = 95°$; $\Delta = 20°$; $\varepsilon = 50°$.
(D'après la radiographie.)

encore un parcours de 45° environ, on constate que la clavicule s'est encore notablement déplacée; 10° à 15° en haut et 5° à 10° en arrière; l'omoplate a continué son mouvement de rotation et a fait un angle de 8° ou 10° avec la position précédente. Enfin l'écart entre le bras et le bord axillaire s'est accru de 30° à 35°. Il est maintenant de 95°.

Dans l'*attitude* IV, après l'élévation maximum du bras, c'est-à-dire après un nouveau déplacement de 75° à 80° (car l'élévation totale ne dépasse guère 160° à 170°), la clavicule se trouve encore un peu plus élevée et portée en arrière. Son

déplacement est de 12° à 15° en haut et de 8° ou 10° en arrière. L'omoplate a fortement continué son mouvement de rotation et a parcouru 20° à 25°; l'angle inférieur se trouve maintenant tout à fait en dehors et dépasse même nettement le bord externe du thorax; enfin l'angle formé par le bras et le bord axillaire s'est encore ouvert de 50° à 60°. Il atteint 145° à 150°.

Au total pendant les trois temps du mouvement les deux pièces de la ceinture ont constamment participé au mouvement du bras : la clavicule s'est élevée de 30° environ et portée en arrière de 20°; l'omoplate ne s'est pas déplacée en masse en hauteur ni en largeur, mais a fait une rotation frontale de 40° à 50° qui a commencé avec le mouvement du bras et s'est arrêté avec lui. Enfin l'humérus dont le déplacement total est de 160° à 170° ne s'est déplacé sur le scapulum que de 110° à 120°.

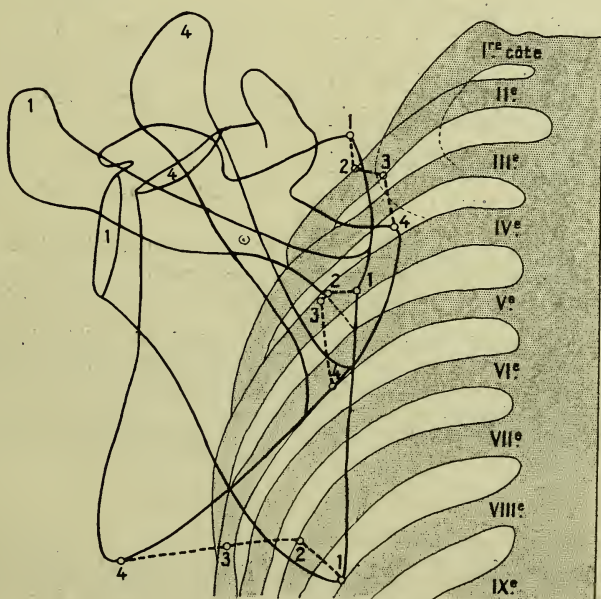


Fig. 28.

Rotation de l'omoplate pendant l'élévation du bras, de l'attitude normale I à l'attitude la plus élevée IV (d'après les radiographies).

Rotation frontale de l'épaule et abduction du bras. — Mesures prises sur les radiographies.

	Attitudes I	II	III	IV	Totaux.
Angle α′ du bras avec la verticale.	8°	30°	75°	150°	
Augmentation d'α′, c'est-à-dire élé-					

	Attitudes I	II	III	IV	Totaux.
vation du bras d'une attitude à l'autre...........................		22°	45°	75°	142°
Angle α entre le bras et le bord axillaire........................	47	58	95	145	
Augmentation d'α, c'est-à-dire abduction du bras sur le bord axillaire ou mouvement de l'articulation scapulo-humérale..........		11	36	50	97
α'' angle du bord axillaire avec la verticale.........................	40°	28°	20°	5°	
	en dedans			en dehors.	
Diminution d'α'', c'est-à-dire rotation de l'omoplate d'une attitude à l'autre...............		12°	8°	25°	45°
β angle du bord axillaire avec l'horizontale	50°	64°	72°	95°	
Augmentation de β d'une attitude à l'autre, mesure correspondant à celle d'α''.........................		14°	8°	23°	45°
Δ angle de la clavicule avec l'horizontale passant par son point fixe.............................	3°	5°	20°	20°	
Augmentation de Δ, c'est-à-dire élévation de l'acromion. Mouvement de l'articulation sternale.........		2°	15°	»	17°
ε angle de la clavicule avec l'acromion et l'épine mesuré sur un plan vertical et frontal...........	28°	30°	30°	50°	
Augmentation d'ε, c'est-à-dire rotation de l'omoplate sur la clavicule. Mouvement de l'acromio et coraco-claviculaire.....................		2°	»	20°	22°

L'augmentation de Δ et d'ε.......... $17 + 22 = 39°$ est inférieure de 6° à l'augmentation de β ou d'α'' qui égale 47° $(47 - 39 = 6)$.

Cette différence de 6° correspond à la rotation de la clavicule sur son axe longitudinal.

L'élévation totale du bras est de 142°; elle résulte de l'abduction du bras sur le scapulum 97°, et de la rotation du scapulum sur le thorax 45° — soit environ 2/3 du mouvement pour l'articulation de l'épaule et 1/3 pour les articulations de la ceinture.

Le mouvement du bras sur le scapulum et le mouvement de la ceinture sur le thorax sont parallèles ; ils s'étendent l'un et l'autre sur toute la durée du mouvement.

La progression du mouvement pour chaque pièce osseuse est résumée dans le tableau ci-contre dont les chiffres représentent les moyennes obtenues avec toutes mes observations. Ces chiffres sont d'ailleurs à peu de chose près confirmés par mes radiographies et par celles de Steinhausen ; mais il ne faut pas oublier que d'un individu à l'autre les mêmes mesures varient dans de notables proportions.

Ainsi le mouvement d'abduction et d'élévation du bras se passe pour un tiers environ dans les articulations de la ceinture, et pour deux tiers dans l'articulation de l'épaule, et la rotation de l'omoplate progresse régulièrement pendant tout le mouvement du bras.

D'autre part, pendant tout le mouvement de rotation de l'omoplate, le bord spinal et l'angle inférieur restent étroitement appliqués contre le thorax dont ils suivent en se déplaçant la convexité postérieure.

	ATTITUDE I repos.	ATTITUDE II.	ATTITUDE III bras horizontal.	ATTITUDE IV élévation maximum.	TOTAL.
Abduction du bras sur le thorax	5°	40°	45°	80°	165°
Déplacement de la clavicule en haut		8°	12°	10°	30°
Déplacement de la clavicule en arrière		5°	8°	9°	20°
Mouvement de rotation de l'omoplate		15°	10°	25°	50°
Ecart entre l'humérus et le bord axillaire	40°	60°	95°	150°	
Augmentation de cet écart, c'est-à-dire abduction du bras sur l'omoplate		20°	5°	60°	115°

De plus, comme la clavicule se porte en arrière sans que l'omoplate la suive dans ce mouvement, il en résulte un resserrement de l'angle omo-claviculaire analogue à celui qui s'observe dans le haussement d'épaules. Enfin dans le dernier temps du mouvement, on constate un certain degré de rotation longitudinale de la clavicule dont le bord antérieur tend à devenir supérieur.

Voyons maintenant comment l'omoplate et la clavicule sont entraînées dans le mouvement du bras et quels sont les muscles qui interviennent à cet effet.

Nous avons vu plus haut le mécanisme et les causes du mouvement de rotation de l'omoplate, dus surtout à l'action du trapèze et du grand dentelé (les auteurs allemands ne font intervenir ici que le grand dentelé; c'est une erreur manifeste). Quant à la clavicule, elle suit le mouvement de l'acromion parce qu'elle lui est subitement attachée et aussi parce que le trapèze agit sur elle comme sur l'acromion. Steinhausen

n'a pas vu l'élévation de la clavicule pendant l'abduction du bras, il ne signale en effet qu'un déplacement en arrière de son extrémité externe. Cette élévation est cependant manifeste aussi bien sur les observations que sur les radiographies, la clavicule ne peut d'ailleurs se porter notablement en arrière sans en même temps s'élever, ainsi que je l'ai expliqué plus haut; enfin l'élévation de l'angle externe de l'omoplate résultant de sa rotation frontale entraîne aussi nécessairement l'élévation de la clavicule.

Reste le mouvement d'abduction du bras sur le scapulum. Il est presque entièrement dû au deltoïde ; ce muscle produit donc les deux tiers du mouvement total du bras ; son action commence dès le début du premier temps et cesse avec la fin du dernier. Le deltoïde est cependant légèrement aidé par le sus-épineux qui peut élever le bras en lui imprimant un mouvement de rotation en dehors.

Abduction sagittale du bras. — Lorsque le mouvement d'abduction du bras se fait dans un plan sagittal antérieur ou postérieur, ou dans un plan oblique intermédiaire, le déplacement de la ceinture est un peu différent ; la rotation du scapulum se produit de la même manière et avec la même amplitude, mais elle s'accompagne d'un déplacement en masse en avant ou en arrière d'autant plus accusé que le mouvement se fait sur un plan plus antérieur ou plus postérieur.

La clavicule suit l'élévation de l'acromion dans l'abduction antérieure et postérieure et l'accompagne aussi dans son mouvement en arrière pendant l'abduction postérieure ; mais il est remarquable que dans l'élévation ordinaire du bras en avant, la clavicule ne se porte pas en avant comme l'omoplate mais au contraire se déplace un peu en arrière ; il en résulte une diminution marquée de l'angle omo-claviculaire. La clavicule ne se déplace en avant avec tout le moignon que dans l'abduction antérieure forcée et si l'on exagère le mouvement en avant.

Steinhausen a fait remarquer avec raison que l'élévation du bras n'atteint son maximum que dans un plan légèrement antérieur. En effet dans l'abduction nettement frontale ou

postérieure, l'humérus vient heurter l'acromion, tandis qu'en avant, l'humérus rencontre seulement la voûte fibreuse acromio-coracoïdienne qui se laisse déprimer. Enfin lorsque le bras est fortement roulé en dedans, l'abduction se trouve limitée à 50° ou 60°.

Suivant Steinhausen, cette réduction de l'amplitude de l'abduction dans la rotation interne serait due aux points différents des surfaces articulaires de l'épaule qui entreraient alors en contact. Le déplacement de la tête humérale sur la glénoïde se ferait ainsi suivant un cercle plus étroit. Mais il semble que cette diminution du mouvement observée dans la rotation interne exagérée peut être en partie au moins expliquée par la torsion et la tension des ligaments et des muscles de l'épaule, notamment du deltoïde et du sus-épineux.

Participation des épaules aux mouvements de la respiration. — Pendant les mouvements ordinaires de la respiration, dans la station debout, la ceinture accompagne passivement le thorax. On constate à chaque inspiration une légère ascension des épaules et à chaque expiration une légère descente ; mais ces mouvements ne se passent pas dans les articulations de la ceinture ; ils ont leur siège dans les articulation sterno et vertébro-costales.

Dans l'attitude couchée, ou pendant les travaux qui fixent le membre supérieur, par exemple dans l'action de grimper, la ceinture ne suit pas les mouvements respiratoires ordinaires ; le thorax se déplace sur le scapulum immobilisé.

Dans l'un et dans l'autre cas la ceinture ne joue aucun rôle actif et ses muscles propres restent au repos.

Il n'en est pas de même dans les grands efforts d'inspiration. En effet, la plupart des muscles de la ceinture interviennent alors pour renforcer l'action des inspirateurs ordiniares, et son squelette joue le rôle d'appui intermédiaire, d'intersection osseuse pour les muscles intéressés.

Nous avons vu plus haut le rôle secondaire de chacun de ces muscles dans les grandes inspirations.

D'une manière générale, les uns attachés à l'axe vertébral élèvent et fixent la ceinture ; ce sont le trapèze, l'angulaire, les rhomboïdes ; les autres, prenant leur point fixe sur la

ceinture ainsi immobilisée, élèvent et attirent les côtes en dehors : ce sont le grand dentelé et le petit pectoral. Il est vraisemblable aussi que les muscles de la première catégorie n'épuisent pas toute leur force à fixer la ceinture et qu'ils en transmettent une notable partie au thorax par l'intermédiaire des muscles de la deuxième catégorie.

Il semble même que pour cette action sur le thorax, les rhomboïdes et le grand dentelé forment une même nappe musculaire avec une ligne d'intersection osseuse sur le bord spinal.

Enfin les muscles qui relient l'épaule au bras, surtout le sus-épineux et la partie supérieure du sous-scapulaire, peuvent le bras étant fixé participer aux grands efforts d'inspiration, soit en contribuant à fixer et à relever l'omoplate, soit en transmettant au thorax une partie de leur force par l'intermédiaire du grand dentelé et du petit pectoral. Et c'est pourquoi dans les accès d'asthme et les menaces d'asphyxie les malades cherchent instinctivement un point d'appui pour leurs bras.

Relation, symétrie et différences des mouvements de l'épaule des deux côtés. — Normalement les mouvements de l'épaule sont les mêmes des deux cotés et leur mécanisme est identique. On constate en effet à droite et à gauche les mêmes déplacements de chaque pièce osseuse pour chaque sorte de mouvement. On note cependant parfois d'un côté à l'autre, en raison des attitudes et des travaux habituels, des variations d'amplitude appréciables dans les divers mouvements.

Ch. Féré a observé sur ce point une série de quarante-huit sujets et il a constaté qu'en général les mouvements sont plus accusés à droite. L'élévation de l'épaule atteint en moyenne 8° à droite et 7° seulement à gauche, l'élévation prédomine à droite sur 60 p. 100 des sujets, elle est plus forte à gauche sur 27 p. 100 et égale des deux côtés sur 13 p. 100. Personnellement, sur les sujets que j'ai observés, je n'ai relevé d'un côté à l'autre que des variations très faibles et presque insignifiantes.

La plupart des mouvements en masse de l'épaule se produisent simultanément et symétriquement des deux côtés; ce

sont surtout le haussement des épaules, le mouvement des épaules en arrière, les mouvements respiratoires.

Les mouvements de l'épaule qui accompagnent les mouvements du bras sont au contraire le plus souvent unilatéraux et indépendants d'un côté à l'autre.

D'une manière générale d'ailleurs chaque épaule est absolument indépendante de l'épaule opposée, ayant chacune son squelette et ses muscles propres.

Cependant certains déplacements atteignent une plus grande amplitude si l'épaule opposée se déplace en même temps en sens inverse. C'est ainsi que l'abaissement et le mouvement en arrière de l'épaule n'atteignent leur maximum que si l'épaule opposée est mobilisée en sens inverse ou tout au moins reste au repos. Ce fait est expliqué, comme je l'ai dit plus haut, par le ligament interclaviculaire qui rend les deux articulations sternales en partie solidaires et qui se trouve distendu davantage lorsque les deux clavicules sont déplacées simultanément et dans le même sens.

OBSERVATIONS CONCERNANT LA MÉCANIQUE DES MOUVEMENTS DE LA CEINTURE RECUEILLIES SUR DES SUJETS VIVANTS.

Principes suivant lesquels ces observations ont été prises et explication des diagrammes figurant les mouvements de l'omoplate.

A. *Étude des mouvements de l'omoplate.* — 1° Sur la plupart des sujets le bord spinal de l'omoplate se détache en arrière du thorax; il est aisément délimité depuis l'origine de l'épine jusqu'à l'angle inférieur. Il forme sous la peau une ligne à peu près droite qu'on peut facilement répérer par ses deux points extrêmes: angle inférieur et origine de l'épine. Celle-ci est parfois voilée par les faisceaux inférieurs du trapèze, mais on la découvre sans peine en suivant avec le pouce et l'index de dehors en dedans et jusqu'au bord spinal le bord postérieur de l'épine qui est toujours très visible à sa partie moyenne.

2° La ligne suivant laquelle l'épine s'insère à la lame de l'omoplate, ligne qu'il ne faut pas confondre avec le bord postérieur de l'épine, forme avec le bord spinal de l'omoplate un angle sensiblement droit; prolongée en dehors, cette ligne atteint à son

milieu la cavité glénoïde, centre des mouvements de l'épaule.

3° La longueur moyenne du bord spinal depuis l'épine jusqu'à l'angle inférieur est de 12 à 13 centimètres. La longueur moyenne de la ligne d'insertion de l'épine depuis le bord spinal jusqu'à la glénoïde est de 10 à 11 centimètres, soit en moyenne 2 centimètres de moins que la précédente.

4° L'articulation acromio-claviculaire est située en moyenne à 4 centimètres au-dessus et 1 centimètre en dehors du centre de la glénoïde. Une ligne droite réunissant ces deux points forme avec la ligne d'insertion de l'épine un angle de 120° environ.

5° Ces particularités étant connues, il est possible de figurer l'omoplate par une ligne coudée à angle droit dont les trois points extrêmes correspondent à l'angle inférieur, à l'origine de l'épine sur le bord spinal et au centre de la glénoïde. La ligne normalement horizontale représentant l'insertion de l'épine sera moins longue de 2 centimètres que la ligne verticale représentant le bord spinal dont la longueur est aisément mesurée.

6° Il serait possible de figurer sur le même schéma le point correspondant à l'articulation acromio-claviculaire. Il suffirait pour cela de tracer une ligne oblique, longue de 4 centimètres et élevée sous un angle de 130° à l'extrémité glénoïdienne de la ligne d'insertion de l'épine. Toutefois, l'indication de ce point acromio-claviculaire n'est pas nécessaire à l'étude des mouvements de l'omoplate et il aurait l'inconvénient de compliquer les diagrammes des mouvements et d'en rendre moins clair l'examen.

7° Pour établir ces dessins schématiques de l'omoplate et indiquer la position de l'os par rapport au thorax, il suffit de repérer deux points du bord spinal : origine de l'épine et angle inférieur. Sur le thorax, les points de repère nécessaires sont fournis par la ligne des apophyses épineuses pour les distances horizontales et par la saillie de la septième cervicale (proéminente) pour les distances en hauteur.

8° La comparaison de ces schémas établis pour un même sujet dans les différentes attitudes, dans les différents temps des mouvements de l'épaule, permet d'analyser sur le papier avec toute la réflexion désirable les mouvements complexes de l'omoplate, du moins ceux qui se produisent dans des plans rapprochés du plan vertical et frontal. En superposant les schémas des diverses attitudes, on obtient des diagrammes qui permettent de découvrir presque géométriquement les axes et les centres de ces mouvements.

9° L'étude des mouvements de l'omoplate dans mes observations est complétée par la mesure de l'intervalle qui sépare de la paroi thoracique le bord spinal, à l'angle inférieur et à l'origine de l'épine, ainsi que par la mesure de l'angle omo-claviculaire

dans les diverses attitudes. Ces mensurations, difficiles à prendre, ne sont qu'approximatives, mais cependant elles précisent suffisamment les mouvements de rotation de l'omoplate dans le sens sagittal sur l'axe vertical, et sur l'axe horizontal.

B. *Étude des mouvements de la clavicule.* — On sait que dans les mouvements de l'épaule, la clavicule se déplace à la fois en hauteur et dans le sens antéro-postérieur autour d'un axe situé au voisinage de son articulation sternale. Pour connaître l'étendue de ces déplacements dans les divers mouvements, il faut mesurer les angles formés par la clavicule soit avec un plan horizontal passant par la jonction costo-claviculaire, soit avec un plan frontal et vertical tangent à la fourchette sternale. Ces plans, dans mes mensurations, ont été représentés par une règle tenue en bonne position par un aide ; le compas a été appliqué par son centre au niveau de l'articulation costo-claviculaire, une de ses branches étant sur la règle et l'autre branche sur la clavicule, abstraction faite des deux courbures de l'os. Ces mesures d'angle, seulement approximatives, sont cependant suffisamment nettes pour être comparées dans les diverses observations et pour donner une idée exacte de la part que prend la clavicule dans les mouvements de l'épaule.

Les mensurations relevées dans mes observations ont été prises sur chaque sujet dans les huit principales attitudes de l'épaule :

1° Attitude normale, les bras tombant le long du corps ;

2° Le bras écarté latéralement à 45° environ.

3° Le bras élevé latéralement jusqu'à l'horizontale ;

4° Élévation maximum du bras (presque jusqu'à la verticale) ;

5° Rapprochement maximum des épaules, en arrière ;

6° Élévation maximum (ascension en masse) des épaules ;

7° Projection des épaules en avant ;

8° Élévation horizontale du bras en avant.

Il est facile en passant d'une attitude à l'autre, et surtout en partant de l'attitude normale, d'apprécier pour les divers mouvements de l'épaule le mode et l'étendue des déplacements de chacune des deux pièces de la ceinture.

Toutes les observations sont à peu de chose près superposables ; c'est pourquoi je n'en rapporte ici qu'un petit nombre.

OBSERVATION I (normale). — M..., 22 ans, cavalier au 5e hussards.

Taille, 1m,68; périmètre thoracique, 0m,85; poids, 60 kilogrammes.

Largeur d'épaule de la VIIe cervicale à l'acromion, 0m,22.

Hauteur du tronc de la VIIe cervicale à la Ve lombaire, 0m,42.

Longueur du bord spinal de l'omoplate de l'épine à l'angle inférieur, 0m,12.

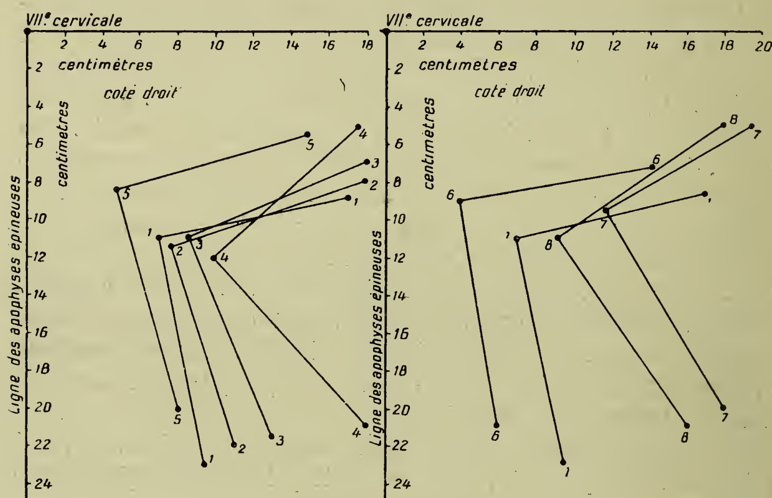


Fig. 29.

1. Attitude normale.
2. Élévation frontale du bras à 45°.
3. Élévation frontale du bras à 90°.
4. Elévation verticale du bras.
5. Elévation en masse de l'épaule.

Élévation du bras et ascension de l'épaule.

6. Mouvement de l'épaule en arrière.
7. Mouvement de l'épaule en avant.
8. Élévation horiz. du bras en avant.

Mouvements de l'épaule en avant et en arrière.

Saillie du bord spinal.

Attit. 1	Or. épine.	15mm
	Angle inf.	20
— 3	Or. épine.	15
	Angle inf.	0
— 4	Or. épine.	10
	Angle inf.	5
— 5	Or. épine.	25
	Angle inf.	12
— 6	Or. épine.	25
	Angle inf.	25

Angle formé par la clavicule avec le plan horizontal.

Attit. 1 = 25°
2 = 35°
3 = 45°
4 = 40°
5 = 55°
6 = 35°
7 = 45°

Angle formé par la clavicule avec le plan vertical et frontal tangent à la fourchette sternale.

Attit. 1 = 25° en arrière
2 = 30°
3 = 35°
4 = 35°
5 = 33°
6 = 46°
7 = 17°

Angle acromio-claviculaire : 1 = 75°; 4 = 70°; 5 = 70°; 6 = 75°; 7 = 65°.

Distance de l'acromion au sterno-mastoïdien mesurée sur une ligne horizontale : 1 = 11cm; 5 = 7cm; rapprochement : 4cm.

Observation II (normale). — R..., 21 ans, cultivateur.

Taille, $1^{m},67$; périmètre thoracique, $0^{m},85$; poids ?

Largeur des épaules (d'un acromion à l'autre), $0^{m},44$.

Hauteur du tronc de la VIIe cervicale à la Ve lombaire, $0^{m},39$.

Longueur du bord spinal de l'épine à l'angle inférieur, $0^{m},12$.

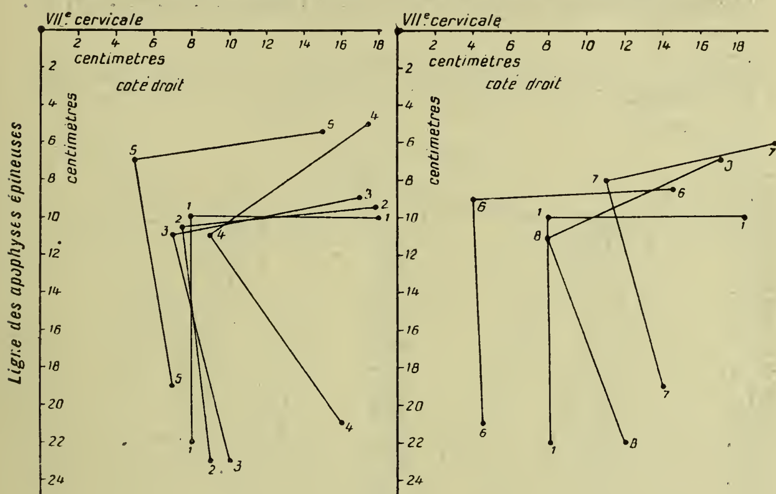


Fig. 30.

1. Attitude normale.
2, 3, 4. Élévation frontale du bras.
5. Élévation de l'épaule.
6. Mouvement de l'épaule en arrière.
7. Mouvement de l'épaule en avant.
8. Élévation horizontale et sagittale antérieure du bras.

Saillie du bord spinal en arrière du thorax.

Attit.	1	Or. épine.	15mm
		Angle inf.	30
—	3	Or. épine.	10
		Angle inf.	0
—	4	Or. épine.	5
		Angle inf.	0
—	5	Or. épine.	15
		Angle inf.	30
—	6	Or. épine.	20
		Angle inf.	35
—	7	Or. épine.	10
		Angle inf.	0

Angle formé par la clavicule avec le plan horizontal.	Angle formé par la clavicule avec un plan tangent, vertical et frontal à la fourchette sternale.
Attit. 1 = 10° au-dessus.	Attit. 1 = 26° en arrière.
2 = 13°	2 = 30°
3 = 28°	3 = 38°
4 = 30°	4 = 40°
5 = 45°	5 = 35°
6 = 35°	6 = 50°
7 = 45°	7 = 15°
8 = 40°	8 = 30°

Angle acromio-claviculaire : 1 = 75° ; 5 = 65° ; 6 = 80° ; 7 = 65°.

Distance de l'acromion au sterno-mastoïdien mesurée sur un plan horizontal. $1 = 10^{cm},5$; $5 = 0,^{m}6$.

Observation III (normale). — D..., 19 ans, employé de bureau. Taille, 1m,62; périmètre thoracique, 0m,84; poids, 56 kilogrammes.

Largeur d'épaules d'un acromion à l'autre, 0m,38.

Hauteur du tronc de la VIIe cervicale à la Ve lombaire, 0m,39.

Longueur du bord spinal de l'épine à l'angle inférieur, 0m, 12.

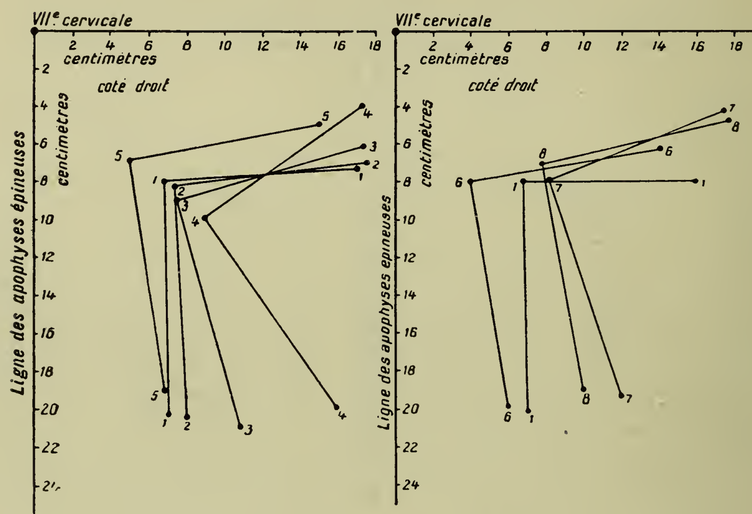


Fig. 31.

2, 3, 4. Élévation du bras.
5. Ascension de l'épaule.
6. Projection de l'épaule en arrière.
7, 8. Projection de l'épaule en avant.

Saillie du bord spinal en arrière.			Angle formé par la clavicule avec le plan horizontal.	Angle formé par la clavicule avec le plan vertical et frontal tangent à la fourchette sternale
Attit. 1	Or. épine.	5mm	Attit. 1 = 10° au-dessous.	Attit. 1 = 30° en arrière.
	Angle inf.	35	2 = 0°	2 = 30°
— 2	Or. épine.	0	3 = 15° au-dessus.	3 = 40°
	Angle inf.	30	4 = 18°	4 = 45°
— 3	Or. épine.	5	5 = 32°	5 = 50°
	Angle inf.	15	6 = 25°	6 = 55°
— 4	Or. épine.	10	7 = 30°	7 = 20°
	Angle inf.	15	8 = 15°	8 = 30°
— 5	Or. épine.	5		
	Angle inf.	15		
— 6	Or. épine.	15		
	Angle inf.	5		

Angle acromio-claviculaire : 1 = 75°; 5 = 65°; 6 = 78°; 7 = 65°.
Distance de l'acromion au sterno-mastoïdien : 1 = 0m,09 ; 5 = 0m,06.

Observation IV (normale). — P..., 22 ans, cultivateur. Taille, 1m,65; périmètre thoracique, 0m,87; poids, 67 kilogrammes.

Largeur des épaules d'un acromion à l'autre, 0m,36.

Hauteur du tronc de la VIIe cervicale à la Ve lombaire, 0m,48.

Longueur du bord spinal de l'épine à l'angle inférieur, 0m,13.

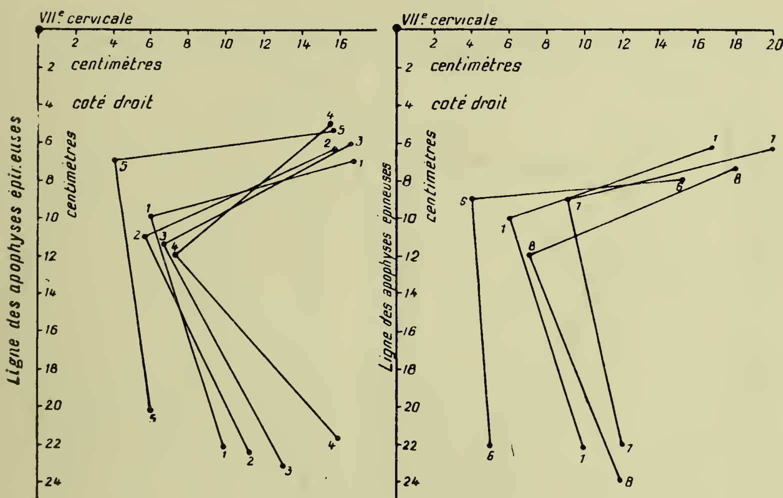


Fig. 32.

2, 3, 4. Élévation du bras.
5. Ascension de l'épaule.
6, Progression de l'épaule en arrière.
7, 8. Progression de l'épaule en avant.

Saillie du bord spinal en arrière du thorax.

Attitude		
1	Or. épine.	10mm
	Angle inf.	25
3	Or. épine.	0
	Angle inf.	20
4	Or. épine.	5
	Angle inf.	15
5	Or. épine.	5
	Angle inf.	10
6	Or. épine.	0
	Angle inf.	20
7	Or. épine.	5
	Angle inf.	15

Angle formé par la clavicule avec le plan horizontal.

Attit. 1 = 25° au-dessus.
2 = 30°
3 = 38°
4 = 40°
5 = 48°
6 = 35°
7 = 45°
8 = 30°

Angle formé par la clavicule avec un plan vertical et frontal tangent à la fourchette sternale.

Attit. 1 = 20° en arrière
2 = 25°
3 = 35°
4 = 45°
5 = 50°
6 = 58°
7 = 10°
8 = 30°

Angle acromio-claviculaire : 1 = 70°; 5 = 70°; 6 = 78°; 7 = 65°.
Distance de l'acromion au sterno-mastoïdien mesurée sur un plan horizontal.
1 = 0m,12; 5 = 7cm,5.

Observation V (normale). — S..., 21 ans, cultivateur. Taille, 1m,64 ; périmètre thoracique, 0m,85 ; poids, 58 kilogrammes.

Longueur du bord spinal de l'omoplate de l'épine à l'angle inférieur, 0m13,.

Distance de la VIIe cervicale à l'acromion, 0m,17.

Distance de la VIIe cervicale à la Ve lombaire, 0m,39.

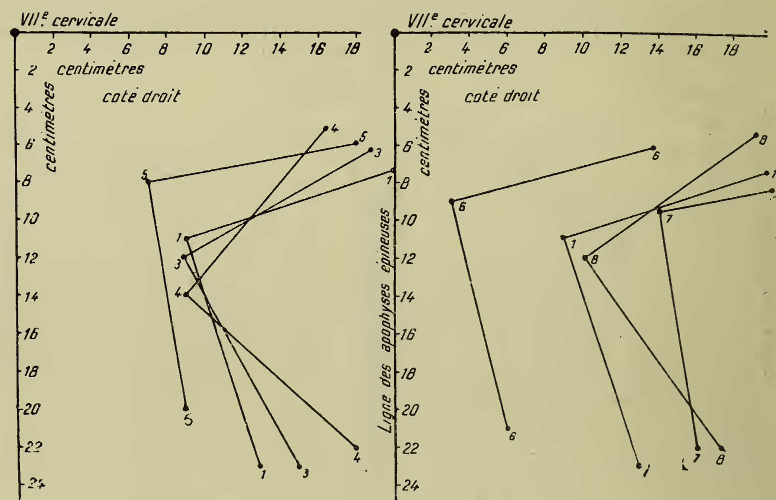


Fig. 33.

1. Attitude normale.
3, 4. Élévation du bras.
5. Ascension de l'épaule.
6. Mouvement de l'épaule en arrière.
7, 8. Mouvement de l'épaule en avant.

Saillie du bord spinal.			Angle formé par la clavicule avec le plan horizontal.	Angle formé par la clavicule avec le plan vertical et frontal tangent à la fourchette sternale
Attit. 1	Or. épine.	15mm	Attit. 1 = 18°.	Attit. 1 = 22°
	Angle inf.	35	2 = 25°	2 = 24°
— 3	Or. épine.	20	3 = 35°	3 = 26°
	Angle inf.	0	4 = 45°	4 = 30°
— 4	Or. épine.	0	5 = 42°	5 = 28°
	Angle inf.	10	6 = 22°	6 = 41°
— 5	Or. épine.	5	7 = 34°	7 = 15°
	Angle inf.	15		
— 6	Or. épine.	10		
	Angle inf.	20		
— 7	Or. épine.	20		
	Angle inf.	10		
— 8	Or. épine.	20		
	Angle inf.	10		

Angle acromio-claviculaire : 1 = 75°.

Distance de l'acromion au sterno-mastoïdien mesurée sur une ligne horizontale : 1 = 0m,10 ; 5 = 0m,04 ; rapprochement = 0m,6.

Observation IX (normale). — A..., H..., 21 ans. Femme de chambre.

Taille, 1m,70 ; périmètre, 0m,79.

Largeur des épaules d'un acromion à l'autre, 0m,40.

Longueur du bord spinal de l'omoplate (de l'épine à l'angle inférieur), 0m,12.

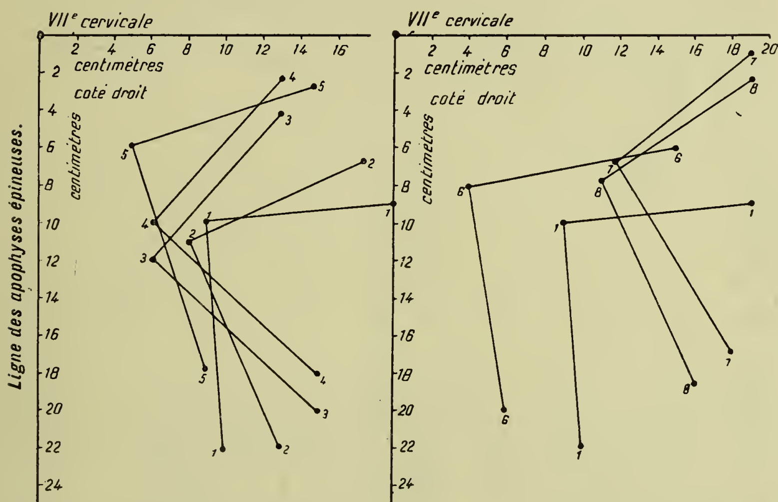


Fig. 34.

1. Attitude normale.
2, 3, 4. Élévation frontale du bras.
5. Élévation de l'épaule.
6. Mouvement de l'épaule en arrière.
7. Élévation sagittale du bras en avant.
8. Mouvement de l'épaule en avant.

Saillie du bord spinal en arrière du thorax.			Angle formé par la clavicule avec le plan horizontal.	Angle formé par la clavicule avec le plan vertical et frontal tangent à la fourchette sternale.
Attit. 1	Or. épine.	0mm,2	Attit. 1 = 35°	Attit. 1 = 25°
	Angle inf.	1	2 = 40°	2 = 30°
— 3	Or. épine.	0,2	3 = 50°	3 = 35°
	Angle inf.	0,5	4 = 55°	4 = 40°
— 4	Or. épine.	0,5	5 = 65°	5 = 35°
	Angle inf.	0,5	6 = 45°	6 = 45°
— 5	Or. épine.	0,2	7 = 60°	7 = 10°
	Angle inf.	0	8 = 50°	8 = 30°
— 6	Or. épine.	0,5		
	Angle inf.	1		
— 7	Or. épine.	0		
	Angle inf.	0		

Angle acromio-claviculaire : 1 = 70° ; 5 = 65° ; 6 = 75° ; 7 = 63°.

Distance de l'acromion au sterno-mastoïdien mesurée sur un plan horizontal : 1 = 0m,13 ; 5 = 0m,8.

Observation X (normale). — *Enfant de 2 ans.* Taille, 0m,80; périmètre, 0m,53; poids, 13 kilogrammes.

Largeur d'un acromion à l'autre, 0m,22.

Longueur du bord spinal (de l'épine à l'angle inférieur), 0m,07.

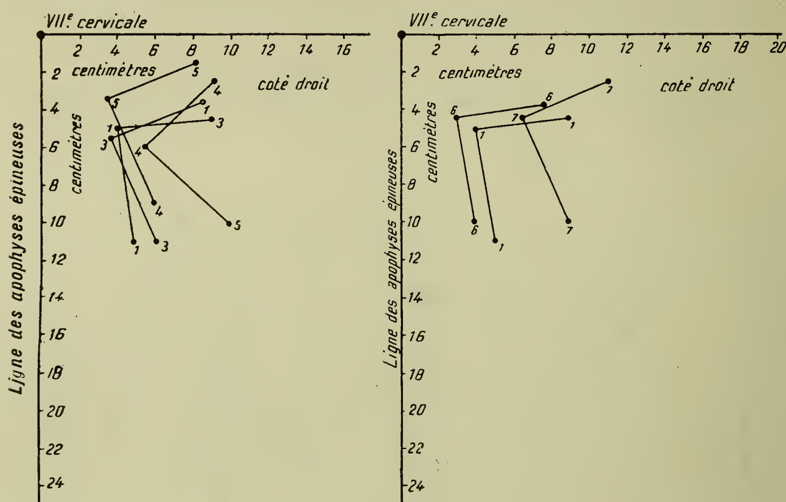


Fig. 35.

1. Attitude normale.
3, 4. Élévation frontale du bras.
5. Élévation directe de l'épaule.
6. Mouvement de l'épaule en arrière.
7. Mouvement de l'épaule en avant.

Saillie du bord spinal en arrière du thorax.

Attitude		
1	Or. épine.	2mm
	Angle inf.	10
2	Or. épine.	»
	Angle inf.	»
3	Or. épine.	2
	Angle inf.	15
4	Or. épine.	0
	Angle inf.	5
5	Or. épine.	0
	Angle inf.	10
6	Or. épine.	»
	Angle inf.	»
7	Or. épine.	10
	Angle inf.	0
8	Or. épine.	0
	Angle inf.	0

Angle formé par la clavicule avec le plan horizontal.

Attit.	
1	20°
2	24°
3	30°
4	38°
5	42°
6	22°
7	30°

Angle formé par la clavicule avec le plan vertical et frontal tangent à la fourchette sternale.

Attit.	
1	22°
2	25°
3	26°
4	32°
5	30°
6	38°
7	12°

Angle omo-claviculaire : 1 = 70°.

Observation XI (anormale). — X..., 37 ans; boulanger, puis terrassier, puis bateleur. Épileptique, éthylique et syphilitique héréditaire. Présente une laxité remarquable des articulations du membre supérieur à droite et à gauche; se luxe volontairement et facilement la tête du radius en arrière en haut. Imprime à ses omoplates des mouvements très étendus en hauteur et en largeur, et parvient à disposer le scapulum presque horizontalement sur le sommet du thorax, l'angle inférieur faisant très haut une énorme saillie sous la peau, tandis que la clavicule et l'acromion sont projetés très avant. Les deux côtés présentent la même variété et la même étendue des mouvements et la plus complète indépendance. Frottements sous-scapulaires très accusés.

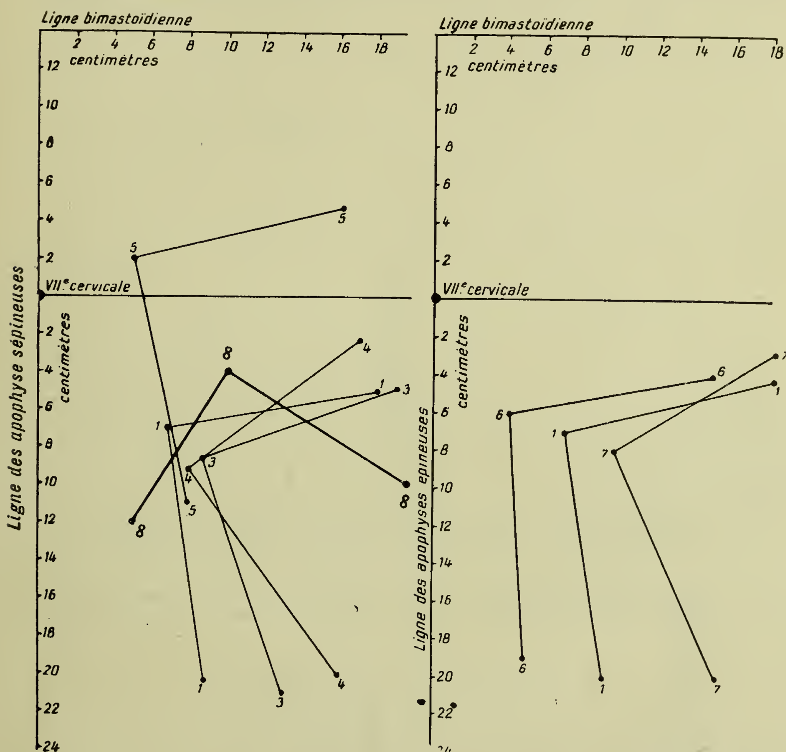


Fig. 36.

1, Attitude normale; 3, 4, Élévation du bras; 5, Élévation de l'épaule; 6, Mouvement de l'épaule en arrière; 8, Mouvement anormal de bascule en avant.

Écartement en arrière du thorax, du bord spinal :

Attitude 1	Or. épine....	0,5
	Angle inf...	15
Mouvement de bascule en avant (8).	Or. épine....	»
	Angle inf...	5

Angle acromio-claviculaire :

Attitude 1 = 85°
— 3 = 75°
Bascule = 70°

Angles de la clavicule avec :

	le plan horizontal.	le plan vertical.
Attitude 1	= 30° au-dessus.	= 35° en arrière.
3	= 50°	= 30°
4	= 60°	= 30°
5	= 60°	= 30°
6	= 40°	= 40°
7	= »	= »
Mt de bascule en avant	= 5°	= 20°

Pour obtenir le mouvement de bascule de l'omoplate en avant, le sujet prend avec les mains point d'appui sur les hanches faisant agir le sus-épineux et le sous-scapulaire sur la tête humérale comme en un point fixe.

Observation XII (anormale). — X..., brigadier au 17e chasseurs, 23 ans, atteint depuis deux mois (mai 1906) de paralysie du plexus brachial probablement *a frigore*, intéressant le trapèze et le grand dentelé, actuellement en voie de guérison. Très amélioré par l'électrisation.

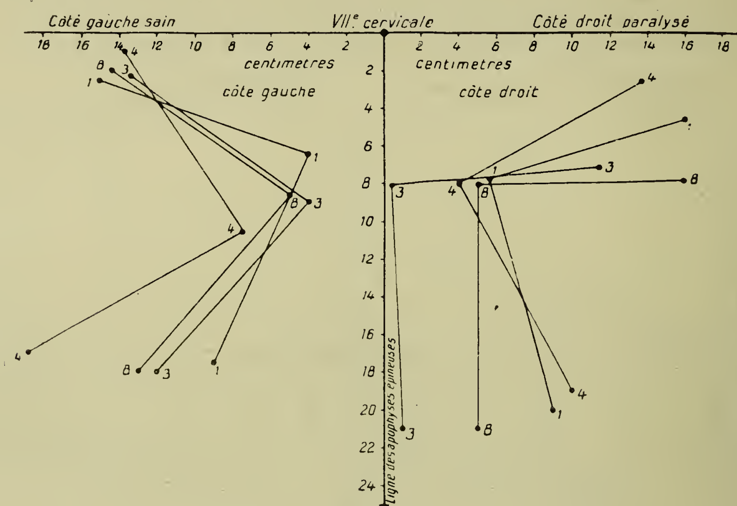
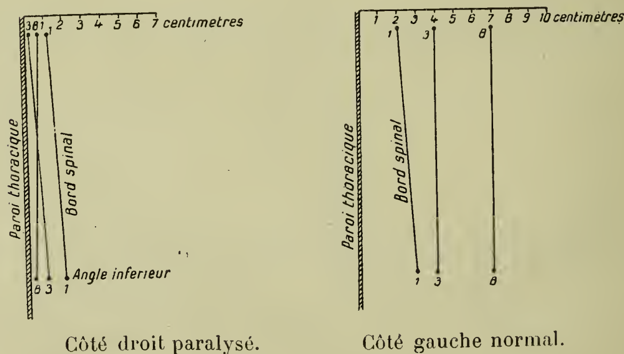


Fig. 37.

1, Attitude normale; 3, Élévation frontale du bras à 90°; 4, Élévation verticale du bras; 8, Élévation du bras en avant à 90°.



Côté droit paralysé. Côté gauche normal.

Fig. 38.

Écartement du bord spinal en arrière de la paroi thoracique.

Dans l'attitude normale 1, l'épaule droite est tout entière abaissée de 2 cent. relativement au côté gauche sain et le bord spinal fait une saillie assez marquée (3 cent.), le trapèze est considérablement atrophié surtout à ses parties moyennes et inférieures qui n'ont qu'une faible épaisseur et sous lesquelles se dessinent les faisceaux obliques du rhomboïde. La partie supérieure et surtout la portion claviculaire sont moins atrophiées, mais forment une lame un peu plus mince et plus molle que du côté gauche. Il est difficile d'apprécier le degré d'atro-

phie du grand dentelé. Le grand dorsal est normal. Les autres muscles de l'épaule ne paraissent pas intéressés.

Pendant l'*élévation du bras,* tandis que le scapulum fait à gauche son habituel mouvement de rotation, l'omoplate droite fait un mouvement complexe et anormal. L'os se porte d'abord tout entier en dedans (3) jusqu'au voisinage immédiat des apophyses épineuses ; puis, pour passer à la verticale haute (4) que le bras d'ailleurs ne peut atteindre, l'omoplate revient en dehors à peu près à son attitude normale, et esquisse un léger mouvement de rotation qui porte l'angle inférieur un peu en dehors et en haut. Ce mouvement est difficile, le bras s'élève avec peine et retombe rapidement.

Dans le mouvement d'*élévation sagittale du bras en avant* le bord spinal s'écarte énormément en arrière du thorax et forme une saillie très accusée (aile d'ange). Celle-ci se produit brusquement, comme par une sorte de déclanchement, lorsque le bras tendu en avant forme un angle de 45° environ avec la ligne axillaire. Le bras continue ensuite son trajet jusqu'à l'horizontale sans que l'omoplate change de position.

Du côté sain, le bord spinal reste étroitement appliqué contre le thorax et l'angle inférieur se porte nettement en dehors.

En passant rapidement d'une attitude à l'autre dans les mouvements de circumduction du bras, l'omoplate fait à droite des déplacements considérables et saccadés très différents des mouvements réguliers et peu étendus de l'épaule gauche.

Explication des anomalies observées.

Dans l'attitude du repos, l'épaule est abaissée par suite de l'atrophie et de la moindre tonicité du trapèze. L'écart du bord spinal est un peu plus accusé par suite de l'atrophie du grand dentelé.

Pendant l'élévation du bras, le bord spinal est entraîné en dedans par les rhomboïdes dont l'action n'est pas neutralisée par celle du grand dentelé qui se laisse distendre. Puis le scapulum est attiré en dehors par les muscles ronds distendus par l'écart du bras. L'élévation du bras est due presque uniquement au deltoïde et aux muscles scapulaires. Il n'y a pas de rotation de l'omoplate produite par le trapèze et le grand dentelé tous deux paralysés, mais une très légère rotation passive due à la traction du grand rond.

La formation de l'aile d'ange résulte de la traction en avant de toute la ceinture sous l'action de pectoraux dont l'action n'est pas compensée par le grand dentelé atrophié. L'angle omo-claviculaire ne se modifie pas dans ce mouvement.

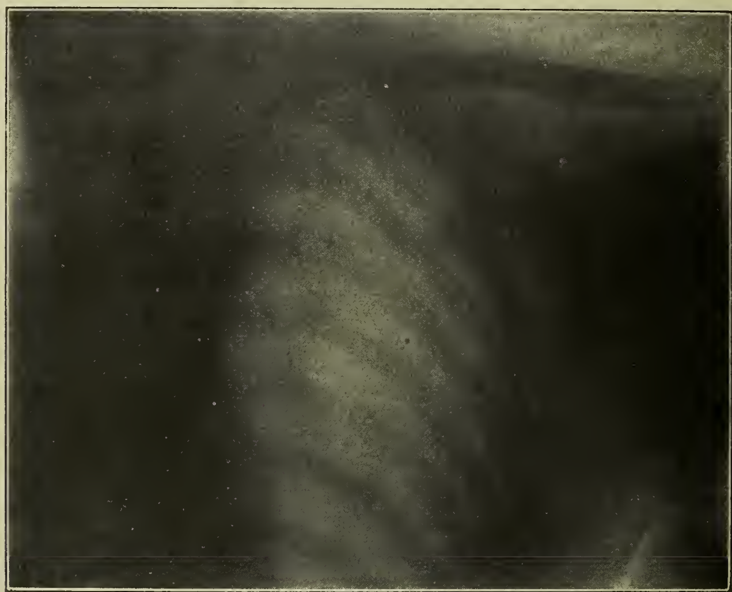
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Squelette de la ceinture. — La ceinture scapulaire ou thoracique est cette partie du squelette qui rattache au thorax les deux membres supérieurs. Elle comprend deux demi-ceintures latérales, en avant réunies et fixées au sternum, mais en arrière indépendantes et largement séparées. Chaque demi-ceinture est formée de deux os, l'omoplate et la clavicule, unis sous un angle de 70° environ qui embrasse le sommet du thorax.

L'*omoplate* élément principal est une pièce osseuse en forme de T dont la résistance peut s'exercer suivant les deux principales données de l'espace. Elle est constituée par deux plans osseux unis à peu près à angle droit : la lame princi-

pale, qui est triangulaire, frontale et adaptée à la courbure du thorax, et l'épine, lame horizontale et transversale, solide mais de moindres dimensions. Sur ces deux lames repose la cupule glénoïdienne.

La ligne suivant laquelle l'épine est unie au corps de l'os constitue l'axe principal de l'omoplate. Cet axe traverse la



Radiographie de l'épaule. I. — Attitude normale de repos.

cavité glénoïde en son milieu. Deux puissantes apophyses, la caracoïde prolongement de la lame principale, et l'acromion prolongement de l'épine, dominent la glénoïde et sont articulées avec la clavicule. Toute l'architecture de l'omoplate converge vers la cavité glénoïde, sommet de la ceinture et centre des mouvements du membre supérieur.

La *clavicule* est un os de forme longue, transversalement disposé entre le sternum et l'angle glénoïdien de l'omoplate. Son segment externe incurvé en avant, aplati en spatule, s'unit avec l'acromion et la coracoïde ; son segment interne arrondi, incurvé en arrière suivant la convexité du cou, se termine par une pyramide relativement puissante, articulée avec le sternum et la première côte. La clavicule rattache l'omoplate au thorax et la maintient sur un plan frontal, la glénoïde étant orientée

en dehors et en haut, disposition qui est caractéristique de la station verticale et des fonctions du membre supérieur de l'homme.

Union de l'omoplate et de la clavicule. — Ces deux os



Radiographie II. — Attitude II. — Bras à 45°.

sont unis assez étroitement pour être solidaires et se prêter un appui réciproque dans la fonction commune, et assez librement cependant pour que chacun d'eux puisse avoir les mouvements particuliers que nécessitent son architecture propre et sa disposition par rapport au thorax.

Cette union se fait par les articulations acromio-et coraco-

claviculaires ; elle est complétée par des ligaments secondaires et par les muscles communs aux deux os.



Radiographie III. — Attitude III. — Bras horizontal.

L'*articulation acromio-claviculaire* est une arthrodie unissant deux petites surfaces appuyées l'une sur l'autre ; elle permet de légers glissements dans tous les sens et un mouvement de rotation de l'acromion sur la clavicule.

Les *ligaments coraco-claviculaires* constituent une sorte d'articulation dont les surfaces sont en rapport constant et en contact intermittent. La coracoïde qui est au repos séparée de la clavicule par un intervalle de 15 centimètres environ

se rapproche d'elle jusqu'au contact pendant les mouvements de l'épaule. On distingue un ligament antérieur dit trapézoïde et un ligament postérieur dit conoïde.

Ces deux ligaments étroits à leur insertion coracoïdienne



Radiographie IV. — Attitude IV. — Bras élevé.

s'élargissent en remontant vers la clavicule. Ils ne sont pas exactement perpendiculaires l'un à l'autre, comme il est dit généralement, mais au contraire parallèles et en contact l'un avec l'autre sur une assez grande partie de leur étendue. Une synoviale facilite les glissements. Ces ligaments règlent l'ouverture de l'angle omo-claviculaire et surtout complètent l'union de l'omoplate et de la clavicule que l'articulation acromio-claviculaire seule ferait insuffisante et folle.

Les *aponévroses cervicale et pectorale*, *le trapèze et le deltoïde* qui s'attachent à la fois à la clavicule et à l'omoplate unissent secondairement ces deux os. Certains faisceaux de l'aponévrose clavi-pectorale reliant le bord antérieur de la clavicule à la coracoïde et à l'acromion, peuvent même être considérés comme de véritables ligaments omo-claviculaires accessoires.

Étude d'ensemble de la ceinture angles omo-claviculaires. — Les deux pièces de la ceinture ainsi réunies constituent un levier coudé à la fois dans le sens horizontal et le sens vertical. Elles forment ainsi un angle à peu près horizontal dit omo-claviculaire, et un angle vertical ou clavi-axillaire, ouverts tous deux en dedans. Ces angles se modifient dans les mouvements.

L'*angle omo-claviculaire* est formé par le bord cervical de l'omoplate et le bord postérieur de la clavicule, il mesure 70° à 80° et varie de 10° à 15° dans les mouvements. Au repos il est en rapport par sa branche antérieure avec la première côte et par sa branche postérieure avec la deuxième. Il est occupé par le sommet du thorax, les muscles, les nerfs et les vaisseaux du cou; il donne insertion à l'aponévrose cervicale moyenne. Il est doublé par l'*angle acromio-claviculaire* auquel se fixent les muscles trapèze et deltoïde. Les angles omo- et acromio-claviculaires sont sensiblement égaux et peuvent se mesurer l'un par l'autre. L'angle acromio-claviculaire est seul perceptible sur le vivant; on peut le mesurer aisément avec un compas.

L'*angle clavi-axillaire* situé sur un plan frontal est formé par la face inférieure de la clavicule et le bord externe de l'omoplate ; son ouverture qui est en moyenne de 90°, varie depuis depuis 75° jusqu'à 100°, dans les divers mouvements. Il est occupé par le thorax, et par le bras qui tombent verticalement du sommet de cet angle.

Caractères généraux de la ceinture thoracique ; *comparaison avec la ceinture pelvienne.* — La ceinture thoracique est grêle, légère et mobile, caractères parfaitement en rapport avec les fonctions du membre supérieur et qui s'opposent aux caractères de la ceinture pelvienne massive, solide et fixée. On retrouve cependant dans les deux os les mêmes éléments primitifs : scapulum, coracoïde et précoracoïde.

Seule la clavicule, appareil de perfectionnement tardivement apparu dans la série animale, n'est pas représentée dans la ceinture pelvienne.

Union de la ceinture au thorax. — La ceinture suspendue au sommet du thorax ne présente avec lui que deux points

d'attache fixes, qui sont les articulations sterno- et costo-claviculaires dont la double disposition rappelle les articulations acromio- et coraco-claviculaires, la ceinture est d'autre part soutenue par des muscles qui sont à la fois des ligaments suspenseurs et des organes producteurs de mouvements.

Enfin l'omoplate constitue avec la face postérieure du thorax une très souple et très spéciale formation articulaire : la jonction scapulo-thoracique.

L'articulation sterno-claviculaire est une énarthrose plutôt qu'une articulation par emboitement réciproque. Le sternum et le premier cartilage fournissent une surface qui est excavée, et la clavicule une surface qui est convexe dans son ensemble. C'est la partie antéro-inférieure de la surface claviculaire qui, plus arrondie, s'appuie et roule sur la surface sternale. La partie postérieure de l'extrémité claviculaire qui déborde en arrière le sternum fait, dans certains mouvements, fonction de butoir. Un fibro-cartilage occupe l'interligne : on doit lui reconnaître comme à ceux des autres articulations une fonction utile : il complète l'adaptation des surfaces, adoucit les contacts et les pressions, renforce les ligaments. L'extrémité de la clavicule se déplace sur le sternum suivant des lignes courbes dont le centre correspond à l'union coraco-claviculaire; elle présente aussi un certain degré de rotation sur son axe longitudinal.

L'*union costo-claviculaire* analogue à l'union coraco-claviculaire est une sorte d'articulation à distance dont les surfaces sont tantôt séparées et tantôt en contact; la facette claviculaire et la facette costale, plus ou moins dessinées, se correspondent et sont indépendantes des surfaces de l'articulation sternale. Elles sont unies par un ligament formé de deux lames fibreuses, séparées par une synoviale; cette petite articulation qui est le siège de mouvements très limités constitue le pivot des mouvements de la clavicule et de la ceinture tout entière.

La *jonction scapulo-thoracique* est une formation articulaire faiblement différenciée, présentant des surfaces en rapport, des moyens d'attache et des moyens de glissements ; elle est d'autre part le siège de mouvements très étendus.

Les surfaces en rapport sont la fosse sous-scapulaire et la région postéro-supérieure du thorax. Elles sont tapissées la première par le muscle sous-scapulaire, et la seconde par une aponévrose.

Les liens qui unissent ces surfaces sont les muscles trapèze, angulaire, rhomboïde et le grand dentelé, lesquels constituent pour l'articulation des ligaments élastiques propices à de vastes déplacements : le grand dentelé joue le rôle de ligament interosseux. Ce sont ces muscles qui soutiennent l'omoplate à sa hauteur normale, tandis que la clavicule la maintient seulement sur un plan frontal en arrière du thorax.

L'interligne scapulo-thoracique est divisé par le dentelé en deux espaces : l'espace sous-dentelé et l'espace sous-scapulaire.

Ces espaces facilement injectables sont occupés par du tissu cellulaire lâche qui favorise les glissements et dans lequel se trouvent parfois une bourse séreuse complètement organisée, ainsi que des brides fibreuses reliant une côte (généralement la 3e) au scapulum (ligament suspenseur du scapulum).

Les surfaces scapulaire et thoracique sont toutes deux mobiles, mais c'est surtout l'omoplate qui se déplace sur le thorax.

Actions des muscles de la ceinture. — Les muscles de la ceinture ont des actions particulièrement complexes. La plupart ne constituent pas des unités homogènes, mais sont formées de parties qui agissent dans des sens différents tout en concourant cependant à la fonction commune.

D'une manière générale ces muscles, comme tous ceux de l'organisme, peuvent être considérés comme des forces agissant sur des leviers osseux et l'on peut leur appliquer le principe du parallélogramme des forces. L'action d'un muscle est la résultante de ses diverses forces. Les mouvements d'un membre ou d'un segment de membre se font suivant la résultante des actions de tous les muscles mis en jeu. L'étude mécanique des muscles théoriquement basée sur ces principes élémentaires précise et contrôle les données expérimentales de l'amphithéâtre et de l'électro-physiologie.

Le *trapèze* est formé de quatre parties : claviculaire, acromiale, moyenne et inférieure ; les faisceaux claviculaires et acromiens obliques en haut et en dedans élèvent directement le moignon de l'épaule; ils agissent comme la force d'un levier du troisième genre.

Les faisceaux moyens, épineux ou transverses tendent à porter en dedans la région moyenne de l'épine. Mais leur action est le plus souvent neutralisée par celle des faisceaux moyens du grand dentelé. Les faisceaux inférieurs, obliques en bas et en dedans, abaissent la partie interne de l'épine, et par suite élèvent aussi l'acromion; ils agissent comme la puissance d'un levier du premier genre. Au total le trapèze imprime à l'omoplate un mouvement de rotation qui élève le moignon de l'épaule. Il devient aussi inspiratenr auxiliaire en élevant et fixant la ceinture.

Le *grand dentelé* tend par tous ses faisceaux à porter l'omoplate en dehors ; mais le plus souvent ses faisceaux supérieurs et moyens s'équilibrent avec l'action inverse des faisceaux transverses du trapèze, pour fixer la région moyenne du scapulum qui sert de pivot au mouvement de rotation de l'épaule. Les faisceaux inférieurs, qui constituent une force énergique appliquée à l'angle inférieur, attirent cet angle en dehors et élèvent ainsi indirectement le moignon de l'épaule.

Le grand dentelé produit donc avec le trapèze et dans le même sens que lui, malgré ses insertions opposées, la rotation de l'omoplate.

Il applique également le bord spinal contre le thorax, et secondairement agit comme inspirateur auxiliaire en prenant son point fixe sur le scapulum.

L'*angulaire et les rhomboïdes* constituent des forces obliques, ascendantes, internes ; ils portent l'épaule tout entière en haut et en dedans. Pendant la rotation de l'omoplate, le grand rhomboïde antagoniste doit se laisser distendre, mais l'angulaire et le petit rhomboïde peuvent modérer l'abaissement de l'angle interne et participer à la fixation de la région moyenne de l'os.

Le *petit pectoral et le sous-clavier* ne sont pas pour l'épaule

des producteurs de mouvements mais seulement des modérateurs de l'action du trapèze et du grand dentelé. Ils constituent de véritables ligaments thoraco-scapulaire et claviculaire qui limitent l'élévation de la clavicule et la maintiennent appliquée contre le sternum.

Le *cléido-mastoïdien* en se contractant pendant les mouvements de l'épaule, a pour effet de tendre le ligament costo-claviculaire au-dessus duquel il s'insère; il élève ainsi très faiblement la clavicule, puis la fixe au point qui sert de pivot à ses mouvements.

Le grand pectoral et le grand dorsal, le deltoïde, le sous-scapulaire, le sus et le sous-épineux, le grand et le petit rond, le biceps, le coraco-brachial, le long triceps agissent surtout sur le bras ; mais secondairement, le bras étant fixé, ils peuvent actionner la ceinture et participer à ses mouvements (gymnastique, action de grimper, efforts d'inspiration).

Mouvements de la ceinture. — Ces mouvements sont particulièrement complexes. Leur étude est ici basée sur l'observation des mouvements passifs sur le cadavre et des mouvements actifs et passifs sur le vivant. Des mesures d'angle ou de longueur recueillies sur de nombreux sujets précisent la situation de chaque pièce du squelette dans les différentes attitudes, et permettent d'établir les graphiques des divers mouvements. Les radiographies contrôlent les observations prises sur le vivant.

Enfin les caractères anatomiques du squelette et des articulations de la ceinture et l'action individuelle de chacun de ses muscles servent à expliquer le mécanisme des divers mouvements.

Mouvements de la clavicule. — La clavicule oscille sur le thorax, en hauteur et en largeur, comme un levier à bras inégaux dont le point d'appui correspond à l'union costo-claviculaire. L'extrémité externe décrit des courbes à grand rayon; l'extrémité interne a au contraire des déplacements très étroits. L'articulation sterno-claviculaire limite ces mouvements, et l'union costo-claviculaire leur sert de pivot.

L'amplitude de cette oscillation, en hauteur comme en largeur, est de 40° à 50°. En outre, la clavicule présente de légers

mouvements de rotation sur son axe longitudinal ne dépassant pas 10° ou 15°.

Les mouvements en hauteur et en largeur résultent de l'action directe de la portion claviculaire du trapèze et de l'action indirecte des muscles qui mobilisent l'omoplate. La rotation longitudinale résulte de la transmission à la clavicule par l'appareil coracoïdien, de la rotation imprimée à l'omoplate par le trapèze et le grand dentelé.

Mouvements de l'omoplate. — Le scapulum glisse en différents sens sur la région postéro-supérieure du thorax ; il présente des déplacements en masse et des mouvements de rotation sur lui-même. Ces divers mouvements sont toujours plus ou moins combinés ; ils se passent à la fois dans la jonction scapulo-thoracique et dans les articulations acromio et sterno-claviculaires.

En hauteur et en largeur, les mouvements sont très étendus ; l'omoplate peut se déplacer tout entière de 6 ou 7 centimètres de haut en bas, et de 10 ou 12 centimètres de dedans en dehors, et inversement.

Dans le sens antéro-postérieur, par un mouvement de rotation sur un axe vertical correspondant à son angle externe, l'omoplate rapproche ou écarte du thorax son bord spinal. Ce mouvement a pour effet d'ouvrir ou de fermer l'angle omo-claviculaire. Par un mouvement de rotation antéro-postérieur sur un axe horizontal et frontal, passant au niveau de l'épine, l'omoplate rapproche ou écarte de la paroi costale son angle inférieur, tandis que son bord supérieur se déplace légèrement en sens inverse. Ces deux mouvements de rotation antéro-postérieurs se passent dans les articulations omo-claviculaires. L'amplitude du premier est de 10° à 12° ; celle du second de 15° à 20°. Ils dépendent des actions opposées du grand dentelé et des rhomboïdes.

Enfin l'omoplate présente un mouvement de rotation frontale sur un axe horizontal et sagittal. Ce mouvement a pour effet d'élever l'angle externe, d'abaisser l'angle interne et de porter en dehors l'angle inférieur. Le centre du mouvement est la région moyenne de l'os, au milieu de l'épine qui reste à peu près fixe. Son amplitude est de 45°. Il se produit surtout

pendant l'élévation du bras; son effet utile est d'élever le moignon de l'épaule et d'orienter en haut la cavité glénoïde. Ce mouvement résulte de l'action combinée du trapèze et du grand dentelé, et secondairement de la traction du grand rond et du grand dorsal sur l'angle inférieur. La rotation frontale du scapulum sur le thorax dont l'amplitude est de 45° se fait par une rotation de 20 à 22° de l'acromion sur la clavicule, et par un mouvement à peu près égal de la clavicule sur le thorax. Le mouvement de la clavicule comprend lui-même le déplacement de son extrémité externe en haut et en arrière (16° à 18°) et la rotation de l'os sur son axe longitudinal (8° à 10°).

Correspondance des mouvements de la clavicule de l'omoplate. — Dans leurs mouvements, les deux os de la ceinture sont subordonnés l'un à l'autre; ils reçoivent de leurs muscles des actions qu'ils se transmettent réciproquement, mais avec une certaine souplesse, grâce aux articulations acromio- et coraco-claviculaires; le contact qui s'établit de manière intermittente entre la coracoïde et l'omoplate n'a dans le mécanisme du mouvement qu'une importance secondaire.

L'omoplate reçoit la plupart des actions musculaires qui soutiennent et mobilisent la ceinture; mais c'est la clavicule qui en dirige les mouvements et qui est vraiment « le gouvernail des attitudes de l'épaule » (Winslow).

Etude des principaux mouvements de l'épaule. — L'omoplate et la clavicule participent à tous les mouvements de l'épaule et à la plupart des mouvements du bras. Pour étudier ces mouvements, il faut partir de l'attitude normale de l'épaule dans la station debout.

Au repos dans l'attitude normale, le bord supérieur de l'omoplate répond à la deuxième côte et l'angle inférieur à la septième côte : cet angle est à 7 ou 8 centimètres de la ligne médiane et légèrement écarté en arrière du thorax. La clavicule est obliquement dirigée en dehors, en haut et en arrière, suivant un angle de 20° à 25° dans les deux sens. Cette situation normale de l'épaule dépend des actions toniques des muscles faisant équilibre au poids du membre supérieur : elle varie notablement suivant les individus.

Dans l'élévation en masse de l'épaule, la clavicule se porte de 30° à 40° en haut, et de 15° à 20° en arrière ; l'omoplate s'élève tout entière de 4 à 6 centimètres et fait un léger mouvement de rotation ; elle se rapproche ainsi de 2 à 3 centimètres de la ligne médiane ; enfin l'angle omo-claviculaire se resserre légèrement.

Ce mouvement est dû à l'action de la partie supérieure et moyenne du trapèze, de l'angulaire et des rhomboïdes.

Pour un effort énergique, pour supporter un fardeau, le bras prend, dans ce mouvement, appui sur le thorax et soutient l'épaule, grâce à l'action des muscles grand pectoral et grand dorsal, et aussi à l'intervention secondaire des muscles scapulaires.

Dans le mouvement de l'épaule en arrière, la clavicule s'élève de 10° à 15° et recule de 20° à 25° jusqu'au contact de la première côte ; elle peut même comprimer les nerfs et les vaisseaux du cou, si le mouvement est exagéré ; l'omoplate se déplace également en haut de 1 ou 2 centimètres, et en arrière de 3 à 4 centimètres sans rotation frontale appréciable ; l'angle omo-claviculaire s'ouvre de 4° ou 5° ; ce mouvement est produit par les rhomboïdes, la portion moyenne et inférieure du trapèze, et secondairement par le grand dorsal.

Dans le mouvement de l'épaule en avant, la clavicule est déplacée en avant de 10° à 15°, et en haut de 25 à 30°. L'omoplate se porte tout entière en dehors de 3 à 4 centimètres, et un peu en haut (1 ou 2 centimètres) ; elle fait en même temps un mouvement de rotation frontale ; l'angle omo-claviculaire se resserre de 5° ou 6°, et le bord spinal s'applique étroitement contre le thorax.

Ce mouvement se fait surtout par l'intermédiaire du bras ; il est dû à l'action du grand pectoral et du grand dentelé.

Le *mouvement d'abduction et d'élévation frontale du bras* se fait en partie par l'abduction du bras sur l'épaule, et en partie par la rotation de l'épaule sur le thorax ; il revient normalement un tiers du mouvement aux articulations de la ceinture sur le thorax et deux tiers à l'articulation scapulo-humérale. La rotation de l'épaule se fait régulièrement pendant tout le mouvement du bras ; elle commence et finit avec

lui ; elle entraîne pour le scapulum une rotation sur le thorax de 45°, et pour la clavicule un déplacement de 30° en haut et de 20° en arrière, ainsi qu'une rotation de 8° à 10°.

L'abduction du bras sur le scapulum est surtout le fait du deltoïde ; la rotation de l'épaule résulte des actions combinées du trapèze et du grand dentelé, et de la traction du grand rond et du grand dorsal sur l'angle inférieur de l'omoplate.

L'*abduction sagittale du bras en avant et en arrière* entraîne le même mouvement de rotation scapulaire ; il s'accompagne en outre d'un déplacement de toute la ceinture en avant, ou en arrière. L'élévation verticale du bras n'atteint son maximum (150° à 160°) que dans un plan légèrement antérieur, presque frontal. Elle est limitée à 50° ou 60° lorsque le bras est en rotation interne.

Dans les mouvements respiratoires ordinaires, dans la station debout, l'épaule accompagne passivement le thorax ; dans le décubitus dorsal, ou lorsque le corps est suspendu par les bras, le thorax se déplace sur le scapulum immobilisé. Les muscles de la ceinture et de l'épaule n'interviennent pas dans la respiration normale ; mais ils deviennent tous inspirateurs auxiliaires dans les grands efforts d'inspiration.

Relations, symétrie et différences des mouvements des deux épaules. — Normalement, les mouvements de l'épaule sont des deux côtés identiques, quoique souvent un peu plus étendus à droite. La plupart des mouvements en masse des épaules se font le plus souvent simultanément et symétriquement des deux côtés (haussement, mouvements en arrière ou en avant, mouvements respiratoires) ; les mouvements du bras sont au contraire plus souvent unilatéraux.

D'une manière générale, les deux épaules sont indépendantes l'une de l'autre, cependant, en raison du ligament interclaviculaire, certains mouvements (abaissement et mouvement en arrière) n'atteignent leur maximum que si l'épaule opposée se déplace en sens inverse.

Applications pratiques. — Ces notions un peu arides de mécanique articulaire concernant d'ailleurs une région anatomique jusqu'ici peu étudiée peuvent avoir cependant de nombreuses applications pratiques. Elles doivent être utiles

en orthopédie pour la conduite rationnelle du traitement des malformations et des attitudes vicieuses du thorax et de l'épaule; servir aussi à l'étude des ankyloses, des amyotrophies et des paralysies de la région scapulaire; faciliter enfin l'appréciation du degré d'invalidité dans les accidents du travail, particulièrement en ce qui concerne les suppléances possibles articulaires et musculaires.

BIBLIOGRAPHIE.

Winslow. Exposition anatomique de la structure du corps humain, 1732.

Bichat. Anatomie descriptive, 1829.

Gallerini Borghi. Mécanisme de l'articulation sterno-claviculaire. Thèse de Paris, 1840.

Chéreau. Mécanisme de l'articulation scapulo-claviculaire. Thèse de Paris, 1841.

Gosselin. Ostéogénie de la clavicule (*Bull. soc. anat.*, 1841, t. XVI, p. 251).

Waldeyer, De claviculæ artis et functione. Inaug. Dissert. Berlin, 1861.

Cruveilhier. Traité d'anatomie. Paris, 1862.

Duchenne de Boulogne. Physiologie des mouvements, 1867.

Duchenne de Boulogne, Électrisation localisée, 1872.

Sappey. Traité d'anatomie. Paris, 1867.

Luschka. Ueber ein costoscapular Gelenk des Menschen (*Prager Vierteljahrschrift*, Bd III, 1870, p. 51).

Terrillon. Frottements sous-scapulaires. Bourse séreuse accidentelle (*Arch. gén. de méd.*, 1874 et 1877).

Bassompierre, Frottements sous-scapulaires. Thèse de Paris, 1875.

Huxley. Anatomie comparée des vertébrés. Trad. française. Paris, 1875.

Albert. Zur Mechanik der Schültergürtels (*Wiener med. Jahrbücher*, 1877).

E. Fik und E. Weber. Anatomisch mecanische Studie über die Schultermüskeln (*Verhandlungen der phys. med. Gesellschaft in Würsbourg*, Bd XI, 1877).

Richet. Traité d'anatomie médico-chirurgicale, 1877.

Bernhardt. Beitrag zur Symptomatologie der Lähmungen der Schultergürtel Muskulatur (*Deutsches Archiv für klin. Med.*, Bd XXIV, 1879).

Lewinsky. Der Mechanismus der Schultergürtel Bewegungen (*Arch. für anat. und physiol. Abteil.*, 1877, p. 196).

Chauveau. Anatomie des animaux domestiques, 1879.

Sabatier. Comparaison des ceintures et des membres. Montpellier, 1880.

Testut. Muscles surnuméraires de la région scapulaire (*Revue d'anthropologie*, 1883).

Lesshoft. Des divers types musculaires, façon dont s'exerce la force active des muscles (*Mém. de l'Acad. des sciences de Saint-Pétersbourg*, 1884).

Cathcart d'Edimburg. *Journ. of anatomie*, 1884.

Poirier. La clavicule et ses articulations (*Journ. d'anat. et de physiol.*, 1890, p. 81).

Bellini. Ligaments coraco-claviculaires (*Bull. de la Soc. anat.* Paris; 1891).

Baraduc et Crouzan. Muscle acromio-claviculaire (*Bull. de la Soc. anat.* Paris, 1894).

Morestin. Acromion formant un os isolé (*Bull. de la Soc. anat.* Paris 1894).

Barreiro. Étude de la paralysie du grand dentelé. Thèse de Paris, 1895.

Gaupp. Ueber die Bewegungen des menschlichen Schultergürtels und die Aetiologie der Marcosenlähmungen (*Centralbl. für Chirurgie*, Bd XXI, H. 34, 1894).

Poirier. Traité d'anatomie. Paris, 1896.

Testut. Traité d'anatomie. Paris, 1896.

Sabatier. Morphologie du sternum et des clavicules (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, t. CXXIV, 1897).

Robineau. Ossification des ligaments coraco-claviculaires (*Bull. de la Soc. anat.* Paris, n° 5, 1897, p. 186).

Ledouble. Variations du système musculaire de l'homme, 1897.

Anthony. Le sternum et ses connexions avec le membre thoracique dans la série des mammifères. Paris, in-8, 1898.

Wilmart. De quelques mouvements de l'omoplate humaine (*Journ. méd. de Bruxelles*, n° 47, 1899).

Mollier S. Ueber die Statik und Mechanik des menschlichen Schultergürtels unter normalen und pathol. (*Verhältnissen Festschr. für Kuppfer.* Iéna. 1899).

Steinhausen. Beitrage zur Lehre von dem Mechanismus der Bewegungen des Schultergürtels (*Archiv für anat. u. physiol Abteil.*, 1899).

Bugnion. Articulation de l'épaule chez l'homme et les animaux (*Comptes rendus Assoc. anatomistes*, 1901).

Bugnion. Bride ligamenteuse du grand dentelé (*Comptes rendus Assoc. anatomistes*, 1902).

Charles Féré. Note sur la variété de l'amplitude et de la direction de quelques mouvements du membre supérieur (*Journ. d'anat. et de physiol.*, 1903).

Merkel. Bemerkungen über die Schultermuskeln, ihre Innervation und Funktion (*Ergebnisse der Anatomie.* Merkel et Bonnet, Bd XIV, 1904).

TABLE DES MATIÈRES

8430-09. — Imprimerie Crété

